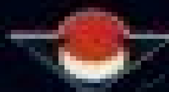
Hayatın Kökleri

mahlon b. hoagland





3. BASIM

HAYATIN KÖKLERİ

Mahlon B. Hoagland

Çeviren: Şen Güven
Yayın Yılı: 1998
Orjinal Adı: Roots of Life
Tübitak Yayınları

Mahlon B. Hoagland

1921 yılında Boston'da doğan Mahlon B. Hoagland, lisans eğitimini Williams Kolej'de tamamladıktan sonra yüksek lisansını 1948'de Harvard Tıp Fakültesi'nde tamamladı. Kariyerine Massachusetts Hastanesi'inde Paul Zamecnik'in laboratuarında genetik alanında bilimsel araştırma yaparak devam eden Hoagland, RNA transferinin proteinlerin oluşumundaki rolü üzerine yoğunlaştı. 1970 yılında Worcester Vakfının Deneysel Biyoloji başkanı oldu. Hoagland ve Zamecnik'in tRNA adıyla anılacak olan transfer RNA üzerine çalışmaları genetik bilime büyük katkılar sağlamış, Hoagland bu çalışmalarıyla 1976 yılında Franklin Ödülü almıştır.

ÖNSÖZ

Canlıların yaşamlarını düzenleyen kanunları anlamak yolunda yapılan heyecan verici buluşlarda etkin katkımın olması benim için büyük bir şans.Aydınlatılan gerçeklerin yalınlığı ve güzelliği bana mutluluk kaynağı olmuştur. Bu kanunları tıp öğrencilerine öğretirken, bilimle uğraşmayan arkadaşlarıma açıklarken, deney zevkinin birçok kişiyle hatta fen eğitimi görmemiş kişilerle bile paylaşılabildiğine inandım. Kitabımı kendisine adadığım karım, bilginin paylaşılmasının tutkulu bir savunucusudur. O, bilim insanlarının yaptıklarını, konuları dışındakilere de açıklamak zorunda olduklarını düşünür. Bu küçük kitabın yazılıp biçimlenmesi de onun yoğun ısrarlarıyla gerçekleşti.

Yüzyılımıza kadar bilim insanları, monarşilere, zengin kişilere, hükümetlere, hayır kuruluşlarına, bazan da kendi mütevazi kaynaklarına dayanarak, genellikle bağımsız çalışırlardı. İnsanların her yerde durmadan artan beklentileriyle bilimsel teknolojinin artan maliyeti ve karmaşıklığı, bilim insanlarını hükümetlerle ve halkla daha yakın ilişkilere soktu. Bilgi biriktikçe, giderek insanı ilgilendiren pratik konulara uygulanabilirliği arttı.

Günümüzde herkes bilim insanlarının yaptıklarıyla daha çok ilgileniyor, bunların yararlarını, risklerini bilmek istiyor.

Yine de bilimle uğraşmayanların, onun doğası gereği anlaşılmaz ve esrarlı olduğunu düşünmeleri beni şaşırtıyor. Bunda, profesyonel bilim insanlarının kullandıkları dili günlük dile çevirmek istemeyişlerinin etkisi olmakla beraber, fen bilimleri dışındaki konularda eğitilmiş insanların entellektüel tembelliklerinin ağırlığı daha büyüktür.Aslında bu "bilim sevmeme" saplantısı doğal bir düşünce biçimi değildir. Bilim, kendi içimizde ve çevremizde olan bitene açıklama aramaktır. Anlaşılmaz,

karanlık, esrarlı olanı, temel kanunlar keşfederek açıklama ve anlaşılır yapma işlemidir; dizginlenmiş meraktır. Merak, insandaki en temel dürtülerden biridir. Çocukken meraklarımızla, serbestçe, hiç utanıp çekinmeden bir tür "bilim yaparız". Yaşlandıkça, bize zevk veren, bilgi sağlayan bir dürtümüzü bastırırız. Bu düşüncelerle bilimi başkaları için de zevkli yapma çağrısını hoşnutlukla kabulleniyorum.

Vinalhaven, 1999

Giriş

Bu kitap, her yerde biyolojide devrim olarak bilinen yaşamın temel gerçeklerini sunuyor. Bu devrime etkin katkısı olan bir kişi tarafından yazılmıştır.Yalnızca gerçekleri anlatmakla kalmayıp, yeni buluşlara katkıda bulunmanın sevincini, bu sevinçten kaynaklanan estetik zevki ve bilimsel çalışmaların yöntemini de incelikle çiziyor.

Bilimle uğraşmayanlar, bilimin, özellikle de biyolojinin çok ince eleyip sık dokuduğundan, ayrıntılarda çok karmaşık olduğundan ve konu dışındakiler tarafından zor kavrandığından yakınırlar. Diğer yandan, bilim insanları, toplumun, temel araştırma bulgularının değerini çok az takdir ettiğinden, çok az ilgilendiğinden söz ederler. Her iki yakınma da yanlış düşüncelere dayanıyor.Dr. Hoagland'ın kitabıyla aradaki duvarın iki yüzü de onarılacaktır. Artık "canlı oluş" konusunda açık ve net bilgiye sahibiz ve bu bilgi, sahip olduğumuz kadarı ile oldukça anlamlıdır. "Sahip olduğumuz kadarı ile" deyimi önemli bir değerlendirme. Doğanın her yönüyle anlaşılmasından henüz çok uzağız. Anlamayı gereksindiğimiz şeylerin çoğu (örneğin insan düşüncesinin ve dilinin doğası veya gelişmekte olan embryo hücrelerinin doku mu yoksa organ mı olacağını yönlendiren mekanizmalar), hala anlaşılamamış durumda ve gidilecek yolumuz çok çok uzun.

Ama bir başlangıç yapıldı. Şimdi biyoloji alanında canlı, istekli, önlerinde araştırma için engel tanımayan bir sürü genç araştırmacı var. Heyecanlarının kaynağı ve iyimserliklerinin temeli olan canlı doğa, bu kitabın da konusunu oluşturuyor.

Lewis Thomas

Memorial Sloan-Kettering

Kanser Merkezi Başkanı

I. BÖLÜM

Yalınlık Gerçeğin Belirtisidir

Çok eskiden ıssız bir kumsalda babamla yaptığım bir yürüyüşü hatırlarım. Deniz griydi, parça parça bulutlar, erken esen soğuk kış rüzgarıyla sürükleniyordu. Bir keşif günüydü o gün. Gelgit sınırında yığılmış, çürüyen yosunlar arasında her boy ve biçimde şişeler yatıyordu. ilerledikçe yavaş yavaş bütün şişelerin kapaklı olduğunu gördük, kapaksız bir tek şişe bile yoktu. Şişeler arasındaki bu şaşırtıcı benzerliğe sonunda babam bir açıklama getirdi ve keyifle beni bu olguda daha büyük bir anlam aramaya zorladı. Sonuç, bilincime yaşam boyu sıkıca yerleşen "evrim üzerine bir ders" oldu: Açıkça görülüyordu ki, bunlar okyanus yolculuğuna dayanabilmiş birkaç şişeydi, en uygun birkaç şişe. İnsan eliyle denize atılan bir sürü boş şişeden, kapağı tesadüfen kapatılmış birkaç tane; Raslantı, bunlara batmazlık özelliğini sağlamıştı. Çok daha büyük sayıdaki kapaksız kurbanlar, okyanusun hırçınlığına dayanamayıp, çoktan derinleri boylamışlardı.

Bilimdeki yaratıcılık, biraz gençliğimdeki bu şişeler buluşuna benzer. İşin püf noktası; basit bir yasayı görmek veya karmaşık, anlamsız görünen verileri düzene sokup, derleyip toplamaktır. Bir yüzyıl önce Charles Darwin ve Alfred Russen Wallace'ın yaptığı da buydu. Ayrı ayrı incelemeleriyle, yeryüzündeki canlıların şaşırtıcı dağılımı ve çeşitliliğinin henüz bilinmeyen açıklamısını arıyorlardı. Vardıkları nokta, son derece yalın bir kavram ve yaratıcı düşüncenin parlak bir atılımıydı. Canlıların yapılarında rastlantısal değişmeler ortaya çıktığını, bu değişmelerle çevrelerine en iyi uyum sağlayabilen canlıların, hayatta kalıp üreyebildiklerini düşündüler. Onların

buldukları bu açıklama, çok miktarda basit ve anlaşılır biyolojik bilginin birikmesini sağladı.

Ama sezgilere dayalı esin, çok dikkatli ve titiz gözlem olmazsa işe yaramaz. Titiz gözlemleri bile, eğer araştırmacı gözlem üzerine fikir yürütemiyorsa ve fikirlerini deney ile irdelemiyorsa boşunadır. Ancak fikir iyi, deney de akıllıcaysa, cevapların şimdiye kadar bilinmeyin şeyleri açığa çıkartması olasıdır.

Din adamları ve filozofların bilinen geniş kapsamlı sorular, yine kapsamlı oldukları ileri sürülen ama ender olarak kanıtlanabilen ve evrensel kabul gören yanıtlara yol açarlar. Halbuki doğaya doğrudan ve açıkça yöneltilen sorulardan; tartışmasız, herkesçe kabullenilebilen, yalın sonuçlar elde etmek mümkündür. Bilim alanında bilgi birikimi böylece aşağıdan yukarı kurulur. Her yeni deneyle evrensel olarak kanıtlanabildiği için "gerçek" olan, ufak fakat sağlam bilgi parçalarından oluşur. "Gerçeği" bilim adamlarının kabul ettiği anlamda tanımlıyorum. İnsan deneyimlerinin gerçeğin başka çeşitlerini ortaya çıkaracağı ileri sürülecektir. Ama bu "gerçeklerin" başkaları tarafından onaylanıp, kanıtlanabilmesi beklenemez. Bunlar, bazı insanlar için gerçek olsalar da bazılarına göre yalnızca kanaatlardır.

Bu kitap, canlı olma durumunu ve sürecini belirleyen temel ilkeler üzerine yoğunlaşacaktır. Bu yaşam yasaları, bütün Biyolojiyi ve Tıbbı aydınlatıp canlı olmanın anlamını, görünüşteki bütün karmaşık olguları anlamayı kolaylaştırmaktadır. Ayrıca bu ilkelerin; insana hoş gelen bir estetik yanı da vardır; Romalıların dediği gibi "Simplex sigillum veri: Yalınlık gerçeğin belirtisidir."

Hücre Üzerinde Odaklaşma

Yaşam üzerinde yalın ve gerçek olan şeyler üzerinde duracaksak hücre ile başlamalıyız. Çünkü hücre her biçimiyle yaşamın en küçük örgütlenmiş yapısıdır. Hücreden daha basit hiçbir canlı yoktur ve hiçbir canlı, hücre aşamasından geçmeden karmaşık bir yapıya ulaşamaz.

Bu önemli sözün doğruluğunu size kanıtlayabilmek için, adım adım, sizin kendi canlılığınızın özüne varmaya çalışayım. Bu öz, sizi oluşturan yapının başka bütün canlılar da bulunan vazgeçilmez kısmıdır.

1. Siz, kendinizin, çevrenizin, bu kitabı okumanız da dahil ne yaptığınızın bilincindesiniz. Bilinç, çok özel bir organın, yani beynin işidir. Bilincin varlığı tek başına karmaşık, gelişmiş bir biyolojik olgudur. Aslında

bilincin nasıl çalıştığı hakkında hiçbir şey bilmiyoruz. Belki daha uzun bir süre için de, belki de hiçbir zaman bilemeyeceğiz. Ancak, canlı türlerin büyük çoğunluğunun, beyinlerinin varlığının bilincinde olmadıklarını sanıyoruz.

2. Bedeniniz bir organlar topluluğudur. Beyin, kalp, akciğerler, karaciğer, böbrekler, kaslar, kemikler, deri, endokrin bezleri vs. organlar hep birlikte titizlikle ayarlanmış bir uyum içinde çalışırlar. Beden ısınız normal olarak sürekli 37 derece civarındadır. Beyniniz, sinirleriniz, adaleleriniz hareketlerinizi ayarlar ve sizi tam dengede tutar, belli bir metabolik denge içinde gıda ve oksijen alıp, atıkları atarak toplam ağırlığınızı sabit tutarsınız. Hemen hemen bütün memelilerde; kuşlar, kurbağalar ve balıklarda böyle eşsiz bir uyumla işleyen organlar vardır. Diğer yanda, çok daha basit bazı canlı türleri, bunlarsız da pekala geçinip giderler.

3. Organlarınızın her biri ve dokularınız, özel işlevleri olan kalabalık hücre topluluklarından oluşmuş canlı parçalarınızdır. Beyin hücreleriniz iplik gibi uzayıp bir yerden bir yere elektrik mesajları iletme görevini yüklenirler. Deri hücreleri dayanıklı ve esnek hale gelerek bedenin dış korunmasını sağlarlar. Kemik hücreleri kendilerini sertleştirip bedeni taşıyabilmek için içlerinde kalsiyum fosfat biriktirirler. İşçi arılar ve asker karıncalar gibi özel işlevi olan hücreler, bir bütün olarak, sizi oluşturmak için belli bazı görevleri paylaşırlar. Çocuklarınızda kendinizi yeniden yaratmak, yani üretmek işi de vücudunuz da özel bir hücreler topluluğunun önemli bir görevidir. Hücrelerin uzmanlaşması (özelleşmesi), bitkiler ve denizlerdeki daha basit yaşam biçimleri dahil, bütün çok hücreli canlı varlıklar arasında çok yaygındır. Ama bir sürü ufak tefek yaratıklar da başka hücrelerle birleşmez ve uzmanlaşmazlar. Harikulade bir beceriklilikle üreme ve çok basit maddelerle beslenmek gereksinimlerini bağımsızca karşılayabilirler.

4. Yaşamaya başladığınızda, tıpkı tek hücreli basit yaratıklar gibi sizin kendi hücreleriniz de özerkti, kendi kendilerine yetip özgürce bölünüp artıyorlardı. Ana rahminin duvarına yerleştiğiniz zaman durum buydu. Bu hücrelere bakınca size benzer hiçbir yanları yoktu ama sizi oluşturmak için gerekli bütün bilgiyi taşıyorlardı. Döllenmiş bir yumurtanın bölünmesiyle oluşan o ufacık hücre kütlesi içindeki her bir hücre bir reçeteyi içeriyordu. Ve siz daha ortada yokken ileri de sizi oluşturacak projenin yapımına çoktan başlanmıştı.

Annenizin vücudunda yaşamınıza başladığınız zaman ki durumunuz, bütün diğer yaratıklarla akrabalığınızı ortaya çıkaran ortak odak noktasıdır. Sizin yaşama başlangıcınızın, bu kitaptaki incelemelerde özel bir anlamı vardır. En gelişmişinden en ilkeline kadar her canlı varlık, kendi kendisinin kopyasını yaratmak için bölünebilme yetkisine sahip bir hücreydi veya hücredir. Daha karmaşık "gelişmiş" çok hücreli yaratıklar, kendi kopyalarını oluşturmak istediklerinde tek hücreler yapmak zorundadırlar (yumurta veya sperm). Değişik yaratıkların bu tür hücreleri arasındaki en büyük fark, bunların ileri de bakteri mi, sivrisinek mi, kurbağa veya insan mı olacağını belirleyen iç mekanizmayı anlatan "bilgi'yi içermeleridir.

Hücreler Nelerden Yapılmışlardır

Öyleyse dikkatimiz, canlılık niteliği taşıyan en küçük, en basit düzen olarak hücre üzerine odaklaşmalıdır. O halde hücrenin nelerden oluştuğu üzerinde açık bir fikrimiz olması gerekir. Bunlar artan karmaşıklık sırasına göre şöyledir:

1. Atomlar: Bilmemiz gereken beş temel atom şunlardır: karbon, hidrojen, oksijen, nitrojen ve fosfor. Daha küçük miktarlarda bir sürü başkaları da vardır. Atomlar evrenin doğal elemanlarıdır ve hayatın oluşturduğu en küçük varlıklardır. Canlıların bu beş temel atomununun ortalama ağırlığı 15 atom ağırlığı birimidir. Öyleyse bunların büyüklüğüne "15" deyip biraz sonra sözedeceğim daha büyük moleküllerden ayıralım.

2. Basit moleküller: Bunlar atomların birleşimidir. Bazan canlı hücrelerdeki moleküllere organik moleküller de denir. Hücreler içinde yüzlerce farklı türden molekül vardır. Ortalama olarak bunlar 150 büyüklüğünde, yani atomlardan on defa daha büyüktür.

3. Zincir moleküller: Bunlara da "molekül" deniyor. Zincirler oluşturacak şekilde birbirine eklenmiş basit moleküllerden oluşuyorlar. Bu zincirlerin en önemlileri ortalama 75.000 büyüklüğündedir. Basit moleküllerden 500 defa, atomlardan 5000 defa daha büyüktürler. Birkaç milyon birime ulaşabilen zincir moleküllerin en büyükleri, en güçlü elektron mikroskoplarıyla görülebilirler.

4. Strüktürler: Bunlar hücre içinde bir mimari düzeni olan, birbirine bağlı zincir moleküllerdir. Strüktürlerin en küçüğü 7.5 milyon büyüklüğünde, başka bir deyişle ortalama zincir moleküllerden 100 defa daha büyüktür. En büyük strüktürler bundan 10 kat ya da daha büyüktür. Sıradan ışık mikroskoplarıyla görülebilirler.

5. Hücreler: Bunlar, daha önce de söylediğimiz gibi, en küçük canlı strüktür örgütlenmeleridir (organizasyon). Çoğu hücreler gözle görülemeyecek kadar küçüktür ama basit bir mikroskopla, hatta iyi bir büyüteçle de kolaylıkla görülebilirler.

6. Organlar: Özel bir işlevi yerine getirmek için organizma içinde ortaklaşa çalışan hücre gruplarıdır.

7. Organizmalar: Belirli bir canlı formunun tam işlemesini sağlamak için gerekli en küçük hücreler düzenidir. Bir bakteri hücresi veya maya hücresi de bir organizmadır. Çünkü bu yaratıklar için tek bir hücre, kendi kendilerine yeterek yaşamları ve özellikle de üremeleri için kafidir. İnsanlarsa "tam" bir varlık olmak için 60 trilyon hücrenin uyumlu işbirliğine ihtiyaç duyarlar.

Kargaşa (Kaos) İçinde Düzen

Atomları bir araya getirip molekül, molekülleri ekleyip zincir, zincirleri düzenleyip strüktür, strüktürleri düzenleyip canlı hücre yapmak, çok büyük bir örgütlenme (organizasyon) işidir. Bu iş insanların beyinleri, elleri ve bilgisayarlarıyla başarabileceklerinden kat kat daha büyüktür. Ama bu inanılmaz olay, her an dünyanın her yanında yaşanıyor. Kuşkusuz yaşamın temelinde, canlı hücrelerin sürekli olarak yaratmaya, düzeni sağlamaya, örgütlenmeye, karmaşıklığa adanması vardır.

Fizikçilerin bize bildirdiğine göre, cansız evren sürekli olarak düzenini yitiriyor. Herşey milyarlarca yıllık zaman ölçeğinde kargaşaya (kaos) doğru gidiyor. Termodinamiğin İkinci Kanunu, entropinin (düzensizliğin fizikteki adı) evrende her yerde sürekli arttığını belirtir.

Evren neden düzensizliğe yönelmektedir? Bu, ilk bakışta görüldüğü kadar garip değildir. Şöyle bir örnek düşünelim: Sulandırılmış biraz mavi, biraz da sarı boyanız var ve bu iki boyayı aynı kaba boşalttınız; boya molekülleri, moleküllere özgü zıplamalarla, düzgün bir yeşil karışım oluşana kadar hareket edeceklerdir. Moleküller tümüyle rasgele düzensiz dağılmışlar, ama kendileri için olabilecek en dengeli biçimi almışlardır. Eğer işlemi tersine çevirmek; düzenli, raslantısal olmayan bir durum, yani ayrı ayrı mavi ve sarı sıvılar elde etmek isterseniz (diyelim ki altta mavi, üstte sarı olmak üzere ayırmak istiyorsunuz), sistemin karışmaya, rasgele, dengeli ve düzensiz yeşil haline varmaya yönelen çok güçlü "isteğine" karşı savaşmak zorunda kalabilirsiniz.

Evrendeki bütün atomlar ve molükeller için bu böyledir. Raslantısallığın Nirvana'sını, tam anlamıyla düzensizliği, erişilebilecek en son dengeyi ararlar. Kumdan yaptığımız kale yavaş yavaş bozulur, özelliğini yitirip dümdüz olur. Yanardağlar, tekdüzeliğin dengesini aramada dünyanın gürültülü sözcüleridir. Kayalar biz farketmeden kuma; kum da denizdeki tuza dönüşülür. Kaçınılmaz bir şekilde evrende herşey son dengeye doğru ilerler.

Şimdi; rasgele karmaşıklık durumu ile denge, cansız maddeler için aym şey olduğu halde, biz insanlar bu iki özelliği özdeş görmeyi sezgilerimize göre zor buluyoruz. Bu da çok doğal, çünkü yaşayan organizmanın bütün yönlendirmesi (dürtüsü), cansız doğanın raslantısallık güdüsüne karşıdır. Canlı varlık, sürekli olarak "dengesizlik" durumunu yaratmaya çalışır, Yaşam, raslantısallık karşısındadır ve düzen yaratır. Çok çok büyük ölçekte, sürekli olarak yeşil boyayı ayrıştırma yönünde çalışır.

Düzeni Sağlamak İçin Enerji Gerekir

Cansız doğanın düzensizliğe itmesine karşı, durmadan düzen kurmaya çalışan bir işlem ancak yardımla başarılı olabilir; "enerji" biçimindeki yardımla. Ufacık bir hücrenin olağanüstü karmaşık, zarif iç yapısının oluşumu enerji gerektirir. Enerji güneşten gelir. Bitkiler güneş ışığını emerler. Bu ışık karbondioksidi şekere dönüştürmekte kullanılır. Şeker, karbondioksitten daha karmaşıktır (komplekstir), yani daha düzenlidir. Başka bir deyişle, güneş ışığı şeker yapma makinesini çalıştıracak düzeni yaratır. Şekeri yapmak için enerji (güneş ışığı) gerektiğine göre, şekerin çözülmesi de enerjiyi geri verecektir.

Bitkiler ve hayvanlar, şekeri oksijenle "yakarak" çözerler, böylece karbondioksit serbest kalır. Bu üretilmiş enerjiyi, hayvan ve bitkiler kendi öz maddelerini yapmakta kullanırlar. Canlı hücreler, bütün karmaşık strüktürlerini bu enerji ile yaparlar.

Öyleyse şeker, düzenli yapısı nedeniyle çok daha fazla canlı düzen yaratmakta kullanılacak enerjiyi sağlar. Canlı bir hücrenin düzeni, şeker moleküllerinin düzeninden binlerce defa daha büyüktür. Enerji dengesini sağlamak için canlı nesneler, kendilerini oluşturmak için binlerce şeker molekülü tüketmek zorundadırlar.

Canlı olmanın anlamı, yalnızca düzen, organizasyon (örgüt), karmaşıklık (kompekslik) değildir. Daha önemlisi; kendisine karşı çalışan düşman bir

çevrede yaratma yeteneği, düzeni kurma, organizasyonu sağlama demektir. Bir bakıma yeni bir hayatın yaratılması mucize niteliğindedir.

Düzeni Yaratmak İçin Plan Gereklidir

Hayat, evrende gerçekten düzen oluşturabilen tek şey midir? Cansız örneklere bakalım: Su soğuyunca katı olur. Buz molekülleri kendilerini çok güzel, narin ve karmaşık biçimlerde düzenleyebilirler. Çözelti içindeki bir tuz, çözeltiden ayrışarak kristalleşebilir ve bu işlem tuz molekülleri arasındaki düzeni arttırır. Bu türden bir çok izole örnek olmakla beraber, bunlar en basit hücrenin başarılarıyla karşılaştırılınca tek başlarına hiç de etkileyici değildir. Dahası, canlı hücrelerin düzen kuruşu, temelde bu kristalleşme işleminden farklıdır. Hücreler, daha önceden var olan bir planı izleyerek düzen kurarlar.

Boşlukta nesnelerin bir düzene girmeleri için, önce bir planın bulunması gerektiğini düşünmek akla yakındır. "Birşeyler"in gerçekleşecek düzen hakkında bir "önbilgisi" olması gerekir.

Örneğin kareler, çemberler ve üçgenlerin, rastgele olmayan herhangi bir şekilde düzenlenmesi istenirse, birilerinin veya birşeylerin ne yapılması gerektiğini bilmesi gerekir. Plan olduğu zaman, teorik olarak iş başarılabilir. Daha önce belirttiğimiz gibi yalnızca enerjiye gerek vardır.

Bir hücreye, tam bir canlı hücre olması için, atomlarını, moleküllerini, zincirlerini, strüktürlerini hatasız olarak düzenlemesini öğreten ve bu sürecin devamlılığını sağlamak üzere gelecek kuşaklara aktarılan bilgi nasıl birşeydir? Bunun açıklamasını bilmemiz bana çok huşu verici geliyor. Açıklama hem de çok akıllıca ve basit. Biyolojik bilginin özelliğinin açığa çıkartılması kuşkusuz modern biyolojinin en heyecanlandırıcı yönüdür. Bilim tarihinin en önemli olaylarından biri olan bu buluşu önümüzdeki bölümde tartışacağız.

II. BÖLÜM

Bilgi

Çocuklarımızın yüzüne aynaya bakar gibi bakıyoruz. Onlar bizim yeniden dirilişimizdir. Kendileri tıpkı bize benzer yapabilmeleri için hücrelerinde bulunan, bizim fiziksel yapımızı belirleyen bilgiyi, onlara sperm ve yumurta olarak veriyoruz. Bu bilgi bizim geleceğe armağanımızdır.

Hücre yapımı için gerekli bilgi; harita, plan veya taslak niteliğindedir. Bir rehber, bir kitap, bir broşür gibi de denebilir. Bu rehber çok özel bir yaratmayı gerçekleştirecek olan aracının veya makinenin, canlı üretme makinesinin, "anlayacağı" eksiksiz bir bilgi anahtarı olmalıdır.

Genler

Genetik bilimi, her canlının özelliklerinin (örneğin göz rengi) kalıtımla geçtiğini, yani yavruda hassas bir şekilde yeniden ortaya çıktığını göstermiştir. Kişisel özelliklerini düzenleyen bilgi, "genler" denilen özel varlıklarla nesilden nesile geçer. Her belirgin kalıtımsal özelliğin ayrı bir geni vardır. Genetik bilimin kurucusu Gregor Mendel 1860'larda, genlerin kalıtımla gerçek şeyler gibi; sulandırılmadan; bölünmeden, karışmadan aktarıldığını açığa çıkardı. Öyleyse genler, her biri organizmanın belirli bir özelliğini içeren, kalıtımla yavruya aktarılabilen küçük bilgi paketleridir diyebiliriz.

1920'lerde büyük genetikçi Thomas Hunt Morgan, genlerin hücre içindeki yerlerini buldu. Bütün hücrelerde, çekirdek dediğimiz kapalı bir kap vardır. Hücre bölünüp iki hücre haline gelirken, ilk önce bu çekirdeğin

bölündüğü, dolayısıyla hücre içinde önemli bir rolü olduğu daha önce de biliniyordu. Yani, tek hücrenin servetini yeni hücrelere eşit bölüştürme işlemi, çekirdekte başlıyordu. Dahası; mikroskop, çekirdeğin içinde kromozom denilen iplik gibi strüktürleri açığa çıkardı. Bu strüktürler, çekirdek bölünmeden kendilerini bir kat artırıyorlar ve her kromozom dizini, bir yeni "yavru" hücrenin içine yerleşiyordu. Bu düzenleme yüzünden, kromozomların genlerin yuvaları olmalarından kuşkulanıyorlardı. Morgan, adi meyve sineklerini deney hayvanı olarak kullanarak bunun gerçekten de doğru olduğunu, bir dizi ince deneyle kanıtladı. Bu iş tamamlandığında, genlerin kromozom ipliklerinin etrafında top top sarılmış oldukları artık biliniyordu.

Genler Neden Yapılmışlardır?

Bu 1830'larda öğrenildi. Çok geçmeden bilim adamlarını heyecan verici bir soru sarmıştı; Kromozomlar (genler) neden yapılmışlardı?

Biyolojide kuşkusuz çok önemli bir yeri olan Oswald Avery'nin deneyleri, bu soruya çok açık ve parlak bir yanıt getirdi. Çalışmaları, şimdi "moleküler biyoloji" dediğimiz modern çağı açtı. 1940'ların başında Avery, iki taraflı zatürreye (akciğer iltihabı) neden olan bakteriyle uğraşıyordu (penisilin bulunmadan önce, en büyük ölüm nedenlerinden biriydi bu hastalık). Yaptığı deneylerde açıklayamadığı şaşırtıcı sonuçlar buldu. Ölü zatürree bakterileri, kötü niteliklerini, zatürree yapmayan türden canlı bakterilere geçirebiliyorlardı. Bu, tehlikeli ölü bakterilerin, canlı ve zararsız bakterileri tehlikeli hale getirebilmeleri demekti. Bu nitelik bir defa geçirilince artık kalıcı oluyor ve bir zamanlar iyi huylu olan bakterilerin gelecek kuşaklarına kalıtımla geçiyordu. Hastalığa neden olabilme kapasitesi, bir veya bir grup özellikten kaynaklanır. Bu özellikler, genler tarafından kontrol edilir ve kalıtımla geçirilirler. Avery, ölü bakterilerin parçalandıklarını, vücutlarının bilgi taşıyan kimsayal maddeler çıkardığını, canlı bakterilerin de bunları besin olarak kullandıklarını düşündü. Yani genler, canlı bakterilere girip onların kalıtımlarını belirliyorlardı. Avery ve arkadaşları, bu gene benzer maddeyi kesin olarak belirlemek üzere çalışmaya başladılar.

İnsan, Tıp bilimi için, genlerin kimyasal özelliklerinin bulunmasından daha önemli bir problem olabileceğini düşünemez. Ancak bu kesinlikle insanlar, hatta hayvanlar üzerinde de incelenebilecek bir problem değildi. Neyse ki zatürree yapan bakteriler, Avery'e uygun bir sistem getirdiler. Bu

iyi ve değerli bir model-deney sistemi örneği oluşturuyordu. Aslında, bütün genetik bilgi birikimi, 100 yıl önce Gregor Mendel'le başlangıcından bugünkü araştırmalara kadar, büyük ölçüde basit deney modellerine dayanır. Bezelyeler, meyve sinekleri, ekmek küfü ve bakteriler... Avery'nin üzerinde çalıştığı bakteriler genetik olarak birbirinin tıpkısıydı. Başka cinslerle karışmamış, safkan bakterilerdi bunlar. Hızla üreyebiliyorlardı, öyle ki kalıtım özelliklerini birçok kuşağın üzerinde izlemek olanaklıydı. Zatürreeye neden olma yetenekleri, farelere verilerek kolayca ölçülebiliyordu. Avery'nin yaptığı önemli deneylerden biri, probleme açık bir yanıt getirdi. Ölü bakterilerden dağılan bir molekül karışımını aldı ve içine DNA'yı "bozan" bir enzim ekledi. DNA'nın bozulması, karışımın zararsız bakterileri zararlı bakteriye çevirebilme yeteneğine bir son verdi. Buna ek bir deneyle Avery ve arkadaşları, zararsız bakterileri hastalık yapan bakteriye çeviren maddenin, "deoksiribonükleik" asit veya DNA olduğunu kanıtladılar.

DNA: Deoksiribonükleik Asit

Aslında, DNA'yı Avery bulmamıştır. Bu iş, Avery'den altmış yıl önce Friedrich Miescher adında bir araştırmacı tarafından yapılmıştı. O ve onu izleyen bilim adamları bu konuda bir sürü kimyasal bilgi toplamışlardı. DNA'nın; zincir şeklinde birbirine bağlı, büyük miktarlarda fosforik asit içeren "nükleotid" denilen moleküllerden oluştuğu biliniyordu. Bunlar, o zamana kadar hücrede bilinen en büyük moleküllerdi. Avery, DNA'nın kalıtımın temel maddesi olduğunu gösterdi. Başka bir deyişle, "bir şeyi kalıtımla geçirmek demek, bir parça DNA aktarmak demektir". Genler DNA'dır. Bilgi DNA'dır ve DNA bilgidir.

Avery'nin ispatından beri, DNA konusunda bilinenler öyle şaşırtıcı bir hızla arttı ki, 1960'larda artık bilginin DNA'da nasıl kodlandığını bu bilginin nasıl hücre maddesine dönüştüğü ve DNA'nın gelecek kuşakla paylaşılmak üzere nasıl kopya edildiğini biliyorduk. Bu zorlu yarışa bir çok bilim adamı katıldı, ama James Watson ve Francis Crick'in DNA'nın doğru yapısının ikili sarmal, yani içiçe dönen iki zincir olduğunu düşünüp bulmaları en büyük aşamalardan biridir.

Öyleyse, işte DNA'nın temel özellikleri.

1. Zincir moleküldür. (Değişik basit molekül çeşitlerinin birbirine eklenmesinden oluşmuş zincir şeklinde bir madde).

2. Olağanüstü uzun ve son derece incedir. Hücrenin çekirdiği 100 defa büyütülseydi aşağı yukarı iğne ucu büyüklüğü civarında olacaktı, yani gözün ancak seçebileceği kadar. İşte bu küçücük çekirdek içinde katlanmış durumda bulunan DNA açılırsa, boyu, bir futbol sahasının boyu kadar olur.

3. Zincirde dört çeşit halka vardır (nükleotid denilen moleküller). İsimleri adenilik asit, guanilik asit, sitidilik asit ve timidilik asit; kısaltmaları A, G, C ve T.

4. Bu dört tür halkanın bağlanma biçimi, adi bir zincirin halkaları gibi birbirinin aynıdır.

5. Halkaların şaşmaz bir düzeni vardır, bu kitaptaki harflerin düzeni gibi.

Bundan sonra, zincirler üzerine söyleyecek çok şeyimiz olacak. Bir zinciri her resimleyişimizde, buradaki beş biçimden hangisi en uygun, en açıklayıcıysa onu kullanacağız. Kuşkusuz, gerçek zincirler bizim resimlerde gösterdiklerimizden çok daha uzundur.

DNA=Dil=Bilgi

Şimdi, dört çeşit halkası olan bir zincirimiz olsa ve bunun yeni bir bireyin oluşması için gerekli bütün bilgiyi içerdiğini bilsek, bu sırrın halkaların sıralanmasında veya düzeninde yattığı sonucunu çıkarmamız gerekir.

Zincirin bu kadar çok anlam taşımasının başka bir açıklaması olamaz. Bilgi, böylece harita veya plan olmak yerine, düz bir yüzey üzerinde iki boyutlu bir şeye, daha doğrusu tek boyutlu "yazılı" talimat dizinine dönüşür. Burada dille-benzetme (analoji) yapılabilir. DNA alfabesinin dört harfi var, ama bunlarla yazılabilecek mesajların sayısı sonsuzdur. Tıpkı iki harfli Mors alfabesiyIe (nokta-çizgi) söylenebileceklerin sınırı olmadığı gibi.

Kitaplardaki harfler kağıt üzerindeki yerlerine göre diziler halinde bağlanmışlardır. DNA içindeki dört nükleotid halkası ise gerçek kimsayal bağlarla dizi halinde bağlanmıştır. Belli bir organizma içindeki toplam DNA'da bir kitap gibi düşünülebilir. Bu kitapta; bütün harfler, sözcükler, deyimler, cümleler ve paragraflar bir zincir oluşturacak biçimde birbirine eklidir. Organizmanın bütün bölümleri ve bütün işlevleri böylece tanımlanır. Bu organizmanın özdeş bir ikizi varsa, o da aynı DNA'ları içerir, aynı kitaptan bir tane daha diye düşünülebilir; ne bir harf, ne bir sözcük farklıdır ikisi arasında. Aynı türün başka bir organizması da, gramerde sık sık ve göze çarpıcı farklar olduğu halde, benzer bir kitabı oluşturur. Değişik

türlerin kitapları, içlerinde bir sürü benzer cümleler de olsa oldukça değişik öyküler anlatırlar.

Yukarıdaki benzetmede zincirin parçaları olan genler, aşağı yukarı cümlelerin karşılığıdırlar. Bir gen, organizmanın belirli bir yapısını oluşturan veya işlevini gören bir harf (nükleotid) dizidir. Genler, çok uzun bir DNA molekülünde arka arkaya eklenmiş cümleler gibidirler.

Bir İnsanın Oluşması İçin Ne Kadar Bilgi Gerekli?

Bilginin ne olduğunu gördükten sonra isterseniz, canlıları oluşturmak için ne kadar bilgi gerektiği üzerine kabaca bir fikir edinelim:

1. Bir bakteri, canlı yaratıkların en basitlerindendir, 2000 civarında geni vardır. Her gen 100 civarında harf (halka) içerir. Buna göre, bir bakterinin DNA'sı en azından iki milyon harf uzunluğunda olmalıdır.

2. İnsanın, bakteriden 500 kat fazla geni vardır. Öyleyse DNA en azından bir milyar harf uzunluğundadır.

3. Bir bakterinin DNA'sı bu hesaba göre, her biri 100.000 kelimelik 20 ortalama uzunlukta romana, insanın ki ise bu romanlardan 10.000 tanesine eşittir!

Dilden Maddeye

DNA dilinin anlamı, belirli bir canlı organizmayı tanımlamasındadır. Başka bir deyişle genler; maddenin, yaşamın gerçek özünün, gerçek canlı unsurun yaratılması için gerekli bilgiyi verirler. DNA dili fizik olarak yaşamaya, nefes almaya, hareket etmeye, et üretmeye nasıl çevrilebiliyor? Bu soruyu yanıtlamadan önce, nelerden yapılmış olduğumuzu bilmemiz gerekir.

Proteinler

Bu konu zor görünebilir ama aslında öyle değil. Bizi oluşturan en önemli malzeme proteindir denilebilir. Diğer yapı maddelerimiz (su, tuzlar, vitaminler, metaller, karbonhidratlar, yağlar, vb.), proteinlere destek olmak üzere bulunurlar. Proteinler yalnızca kütlemizin (suyu saymazsak) çoğunu oluşturmakla kalmayıp, aynı zamanda vücut ısımızı, hareketlerimizi ayarlarlar, düşüncelerimizin ve duygularımızın da temelini oluştururlar. Kısacası bizi oluşturan ve yaptığımız herşey proteinlere dayanır. Örneğin, kedimi gözlüyorum: bütün kütlesi proteindir: Ne görüyorsam (kürkü, gözleri, hareket etmesi bile) proteindir.

İçindeki herşey de proteindir. Ayrıca kedime çok özel bir kişilik veren herşey de özel proteinlerle belirlenmiştir. DNA'nın yönlendirilmesiyle yapılan proteinler birey olmanın, tek olmanın, bütün türlerin fiziksel temelidir. Metal, otomobil için neyse, protein bizim için odur. Otomobilde başka malzemeler de vardır, ama yapıyı ve işlevi sağlayan en önemli eleman metaldir. Hem görünüşü, hem de işleme yeteneğini belirler. Bir arabanın diğerinden farkını; biçimi, niteliği ve metal kısımların durumu belirler.

Şimdi, yeni bir soru ve başka bir ayrıntılı inceleme için hazırız. Proteinler neden yapılmışlardır?

İşte özelliklerinin listesi:

1. Zincir moleküldürler.

2. Uzundurlar ama DNA kadar değil.

3. Yirmi çeşit protein halkası vardır. Bunlara amino asitler denir.

4. Yirmi birimin de bağlantı biçimi tamamen aynıdır.

5. Yirmi birimin veya halkanın düzeni veya diziliş sırası hassas ve kesindir.

Bu düzen, hangi protein olduğunu ve sonuçta işlevinin ne olduğunu belirler.

Amino asitler, isimlerinin ilk üç harfi eklenmiş zincir halkalarıyla gösterilirler. Yirmi amino asit şunlardır: fenilalanin, leusin, izoleusin, metyonin, valin, serine, prolin, treoinin, alanin, tirosin, histidin, glutamin, asparajin, lisin, aspartik asit, glutamik asit, sistein, triptofan, arjinin, glisin.

Çeviri

Bu beş özelliğin DNA zincirininkine ne kadar benzediğini gördünüz. Halkaları özel bir düzende olan zincirler, protein alfabesinde yirmi çeşit harften oluşuyor; DNA alfabesinde ise dört harf var. DNA bilgisinin protein maddesine dönüşmesinin aslında dildeki gibi bir çeviri işlemi olduğu hemen görülebilir. Dört harfli bir alfabedeki harf dizisinden, yirmi harfli bir alfabenin harf dizisine geçilmektedir. Mors dilinden (iki harfli nokta-çizgi alfabesinden) ingilizce gibi yirmisekiz harfli alfabesi olan bir dile çeviri yapmaya da benzetilebilir bu.

Bütün olan biten aslında bu kadar. Hücrelerin protein zincirleri içinde binlerce çok ufak, son derece basit çeviri makinesi var. Bunlara

"ribozomlar" deniyor. Şu şekilde çalışırlar: Önce DNA bilgisinin bir bölümü, bir gen, bir enzim (bu işlemin hızlanmasına yardım eden bir protein) tarafından kopye ediliyor. Mesajcı RNA (mesajcı-ribonükleik asit) denilen bu gen kopyası da bir zincirdir. RNA molekülleri, DNA moleküllerinin hemen hemen aynı zincir moleküllerdir, ama onlar kadar uzun değildirler. Bir DNA molekülü bir çok geni içerir, bir mesajcı RNA molekülü ise yalnızca bir tek genin kopyasıdır. Bu RNA moleküllerine "mesajcı" denir, çünkü, genin mesajını, ribozomlar yolu ile DNA'nın hücredeki yeri olan çekirdekten proteinlerin yapıldıkları hücrenin çekirdek dışındaki kısmına (stoplazma) taşırlar.

Gen kopyası mesajcı RNA bir ucunu ribozoma bağlar.

Ribozom okuyucudur; mesajcı RNA'nın içindeki nükleotidlerin (harflerin) dizilişini okur, ama bildiğimiz anlamlı bir sözcük çıkarmak yerine protein çıkarır. Bu şu şekilde gerçekleşir: Özel enzimler amino asitleri "transfex" RNA (tRNA) denilen küçük bir RNA molekülüne bağlarlar. Yirmi amino asidin her biri özel RNA molekülüne bağlanır.

Amino aside bağlanmış tRNA'lar kendilerini ribozoma yöneltirler.

Ribozom, gerekli tRNA'yı (bağlı amino asitlerle birlikte) o anda mesajcı RNA'dan okuduğu deyimlere uygun olarak seçer. Yani, eğer ribozom mesajcıdan ala amino asitini (alanin) belirleyen bir grup nükleotid mesajını okumuşsa, bu amino asitin bağlı olduğu gruba uygun nükleotidleri olan bir tRNA seçer. Mesajcı nükleotidin, belli bir aminoaside uygunluğu, nükleotidlerin doğal uygunluk ilişkilerine dayanır. Mesajcı üzerindeki her nükleotid dizisi, transfer RNA üzerindeki uygun nükleotid dizisiyle mükemmel bir şekilde eşleşir. Her yeni amino asit ve onun tRNA'sı ribozoma gelip uygun biçimde yerleştikçe, amino asit kendisinden önce ribozoma gelmiş olan amino asitle kimyasal olarak birleşir.

Böylece, halkalar sırayla birer birer bağlanırlar. Ribozom mesajı okudukça protein zincirinin boyu durmadan uzar.

Mesaj zincirinin okunması bitince, bütün protein halkası serbest bırakılır.

Böylece yeni bir protein doğmuş olur. Bir genboyu DNA'nın içindeki nükleotid dizilişi, bir protein içindeki amino asit dizisini tam olarak belirler. Bir gen; bir protein. Bir gen; bir protein kavramı bizim proteinlerin nasıl oluştuğunu öğrenmemizden çok uzun zaman önce bulunmuştu. 1930'larda ekmek küfü üzerine bir dizi parlak deney yapan biokimyacı George Beadle,

bir tek gen içindeki değişikliklerin, bir tek proteinde bozulmaya yol açtığını göstermişti. Buna dayanılarak yapılan çalışmalar bakteri kullanılarak ilerletildi ve genişletildi. Bu büyük çalışma ve burada anlatacağımız niceleri, Herman Müllex'in 1920'lerdeki DNA'daki değişmelerin (mutasyon), istenildiğinde canlı sistemleri X-ışınlarına tutarak sağlanabileceğini gösteren önemli buluşu olmasaydı başarılamazdı. DNA, bir hücrede bulunan değişik proteinler kadar gen içerir (bakteride 2000; insanda 200.000).

Protein yapan makinenin bu çeviri işlemindeki şaşmayan hatasızlığı, kuşkusuz dikkate değer. Bir hücrenin yaşaması için gerekli binlerce proteinin üretilmesinde ancak bir-iki yanlışlığa yer olabilir. İnsanların yaptığı hiçbir makine, bunun gibi 200 romana eşdeğer bir yazıyı bu kadar az yanlışla yazamaz.

tRNA'nın Bulunması

Hocam Paul Zamecnik ve ben, 1956'da transfer RNA'yı birlikte bulduk ve neye yaradığını açıkladık. Zamecnik daha önce ribosomların, üzerinde proteinlerin biraraya getirildiği strüktürler olduğunu göstermişti. Ben de bu tarihten bir yıl önce amino asitlerin özel bir dizi enzimle aktif hale getirilebildiğini (yani diğer amino asitlerle reaksiyona hazırlandığını) kanıtlamıştım (bu dördüncü bölümde anlatılıyor). Ama arada eksik bir şey vardı: amino asitlerin bağlanabileceği ve onlara, mesajcı RNA'ların gösterdiği yerlere yerleştirilmelerini sağlayan kimliği kazandıracak birşey.

Paul Zamecnikle birlikte, hücreler içinde amino asitlere önemli bir yatkınlığı olan, yani onlarla olağandışı bir sıkılıkla bağlanabilen küçük RNA molekülleri olduğunu gördük. Proteinin yapılışında ki eksik olan halkayı bulduğumuzu hemen anladık. Bir sürü yoğun ve zevkli deneyden sonra, ondan sonraki yılın sonlarına doğru, tRNA'nın protein yapımına katılım yönteminin size daha önce açıkladığım oldukça tam bir resmini elde ettik.

Zincirlerden Üç Boyutlu Varlıklara

Buraya kadar öykü yeterince doyurucu; canlı mekanizmalar, zincirleri dil olarak kullanırlar. Plandan bitmiş üretime geçmek, basit bir çeviri işidir. Ama hala aşmamız gereken bir engelemiz var. Çeviri bir simgeyi başka bir simgeye, tek boyutu tek boyuta, bir zinciri başka bir zincire, nükleotidleri amino asidlere dönüştürüyor. Zincirden "maddeye" nasıl varabiliriz?... Protein moleküllerinin görevlerini yerine getirmelerine, dokunabildiğimiz,

kavrayabildiğimiz şeylere, tohumlara, çiçeklere, kurbağalara, size, bana bir boyuttan üç boyuta sıçramak zorundayız demek ki.

Yanıt, protein zincirleri içindeki halkaların yani amino asitlerin özelliğinde yatıyor.

Protein molekülleri, zincir oldukları halde aslında (fiziki olarak) gerçek zincirlerde olduğu gibi üç boyutlu strüktürlerdir. Proteinin yirmi değişik amino asidi, etkisiz simgeler değildirler. Herbirinin kendine özgü kimyasal özellikleri vardır. Bazıları zincirdeki ikiz eşleriyle kimyasal bağlar yapmayı yeğlerken, bazıları daha çok asit, bazıları da alkali özelliğini gösterir. Kimi suyu aramak eğilimindeyken, kimi de sudan kaçar. Bazıları öyle biçimlendirilmişlerdir ki zinciri bükebilirler. Birkaç tanesinin de bir proteinin yalnızca bir tek işe yaramasına katkıda bulunacak özel marifetleri vardır. Bu amino asitler zincirdeki yerlerine göre zincirin son biçimini belirlerler. Zincirler tamamlandıkları zaman, bir çeşit ip yumağı oluşturmak için kendi kendilerine içiçe dolanıp katlanırlar. Çözülmüş zincirdeki amino asitlerin "sırası", molekülün katlanmak için hazır olduğu zaman nasıl davranacağını, ne yapacağını "şaşmaz" bir şekilde belirler. Katlanma biçimi de protein molekülünün şeklini, özelliklerini, işlevini belirler.

Kas proteinler için, bir gen, protein yapar makinelere son bitmiş biçiminde katlanabilecek ve komşu liflerin üzerinden kayabilecek çok uzun bir protein zinciri yapmasını emreder. Böylece kasılabilen uzun lifler oluşur. Kan hücrelerindeki oksijen taşıyan protein zinciri hemoglobin, özel bir üç boyutlu katlanma biçimine sahiptir. Böylece yalnızca kendisine özgü bir yolla oksijeni tutma ve serbest bırakma işlevini yerine getirebilir. Sonuç olarak herbirinin sıralanışı, genler içindeki nükleotidlerin sıralanışıyla belirlenmiş binlerce protein zinciri, özel biçimlerde katlanıp, özel işlevler elde ederler.

Düzen Yaratmak Çoğu Kez Zincir Yapmaktır

Birinci bölümde düzen konusunda söylediklerimizi hatırlayın: Yaşam, sürekli düzensizliğe giden bir evrende düzene yönelik çalışır. Şimdi bunun ne demek olduğunu çok daha açıkça görebiliriz. Canlı olmak, daha önceden şaşmaz bir kesinlikle tanımlanmış bir düzenle, halkaları zincire eklemektir. Düzen bir defa kurulunca, son biçimin ve işlevin elde edilmesi hemen hemen kendiliğinden gelir diye düşünülebilir. İsterseniz, bir parçayı bir başka parçanın önüne koymak, kendiliğinden sonuca götürüyor diye düşünebiliriz bu düzeni.

Zayıf Kimyasal Bağlantıların Önemi

Hücrenin önemli molekülleri yani DNA, RNA ve proteinler üzerine yapılan bir çalışmadan çok ilginç bir genelleme ortaya çıkmıştır. Aslında "zayıf" kimyasal bağlantılar, yaşam için son derece önemli işlevler taşırlar. Güçlü bağlantılar, amino asitleri protein içinde birbirine bağlayanlar cinsinden veya RNA ve DNA içinde nükleotidleri bağlayanlar cinsinden olanlardır. Bunlar zincirin her halkasında komşuyu sıkıca tutarlar. Zayıf bağlantılar ise bütün büyük zincirlerde katlanma noktalarını belirleyen ve molekülün biçimini sağlayanlardır. DNA'da iki zinciri, çift sarmalı oluşturmak için birarada tutan nükleotidler arasında zayıf halkalar vardır. Bunlar ilerde göreceğimiz gibi RNA üretiminde çok gereklidirler. Proteinin içinde, onu işlevine uygun katlanmış biçimlerde tutan amino asitler arasındaki bağlantılarda zayıftır. Ribozomlar üzerinde yeni protein yapımında, transfer RNA molekülleri, nükleotidlerini mesajcı RNA üzerinde tamamlayıcı biçimdeki nükleotidlere uydurarak, tam yerlerini "bulurlar". Bu önemli bağlantıların özelliği, zayıf oluşları yüzünden çok kısa sürmeleridir. Görevlerini yaparlar ve sonra kolayca çözülüp yeniden kullanılabilirler.

Hayatla İçli Dışlı Cansız Varlıklar: Virüsler

Virüsler, ya DNA'lı ya da RNA'lı proteinden yapılmışlardır. Yani ya DNA ya da RNA biçiminde bilgiyi içerirler ve protein biçiminde bir şeylerin yerine geçebilen bir kimlikleri vardır. Ama yardımcısız kendi kendilerine üreyemezler. Yardım canlı hücreler tarafından sağlanır. Virüsün proteinleri, onun bir hücre bulup içine girmesine yol açar. Virüs, orada kendisini üretecek makinaları; hücrenin makinalarını bulur. Üreme işini tamamladıktan sonra kendisi ve yeni virüsler, aynı tatsız işi başka hücrelerde yinelemek üzere o hücreden çıkarlar. Bu olaylar sırasında virüs, "ev sahibi" hücreyi öldürebilir, ona zarar verebilir, değiştirebilir veya hiçbir şey yapmaz; bu virüsün ve hücrenin cinsine bağlıdır. Bir virüsün hücrede neden olabileceği önemli bir değişiklik de onu kansere dönüştürmesidir. Bu esrarlı olay, sekizinci bölümde göreceğimiz gibi en son kanser araştırmalarındaki yoğun çabaların temelinde yatmaktadır. Hücrelerden daha basit oldukları halde, virüslerin daha ilkel olmadıklarını sanıyoruz. Çok uzak geçmişte bir zaman, normal hücrelerin parçalarıyken kopup kendi asalak "yaşama" biçimlerini kurmuş olmaları mümkün görünüyor.

Virüslerin bağımsız olarak üreme yetenekleri olmadığı için kendi başlarına canlı olduklarını düşünemiyoruz.

Ölümlülük ve Ölümsüzlük

Şimdi, bir bireyin yaratılmasının bir dizi yazılı talimat gerektirdiğini biliyoruz. Bunlar milyonlarca yıldır dikkate değer bir bağlılıkla tekrar tekrar kopye edilmişlerdir, ama her birey yalnızca birkaç on yıl içinde yaşar ve ölür. O zaman bu talimatların ölümsüz olup olmadıklarını sorabiliriz. En azından, bir biyolog için her hangi bir şey ne kadar ölümsüz olabilirse, genetik bilgi de o kadar ölümsüzdür diyebiliriz. Aslında ölümlü her birey, gelecek kuşaklara geçirilecek tarifnamenin geçici koruyucusudur; sopanın DNA olduğu bir bayrak yarışısında koşucu... Bir birey yaşamının, ancak atalarından çocuklarına geçirdiği bilgi kadar önemi vardır. Bazı güveler ağızsız doğarlar ve doğdukları andan başlayarak açlıktan ölüme mahkumdurlar. Tek işlevleri, çiftleşip daha çabucak yumurtlayarak güve bilgisini gelecek kuşağa geçirmektir.

Eğer DNA ölümlünün ölümsüzlüğü ise, insanları inatçı merakı, daha ötesini de sormadan edemez; Bütün bunlar nasıl başladı?

III. BÖLÜM

Başlangıç

Hangisi önce geldi, tavuk mu yumurta mı? Bu çok duyulmuş bir sorudur, ama yanıtlanamaz. Yanıtlanamamasının sebebi "tavuk yumurtadan, yumurta tavuktan, vs." diye zaman içinde bitmez tükenmez bir geriye doğru sayış gerektirmesi değil, bu şekilde geriye giderken biriken küçük değişikliklerle tavuğun tavukluktan, yumurtanın da yumurta olmaktan çıkmasıdır. Tavuğun bir milyar yıl gerilere giden soy ağacını incelersek; tüylü arkadaşımızı, hayal gücümüzü ne ölçüde zorlarsak zorlayalım adına "tavuk" diyemeyeceğimiz atalara bağlayan bir değişimle karşılaşırız. Benim tahminim, bir milyar yıl önceki tavuk atasının herhalde, toplu iğne başından küçük ve okyanusta yaşayan bir yaratık olduğu. Kendi soyumuzu gerilere doğru izlersek, yine buna benzer bir sonuçla karşılaşırız.

Ne kadar geriye gidebiliriz? Bir başlangıç olduğunu düşünmemiz gerek. Bundan önceki bölümde sözü edilen, DNA'nın ölümsüzlüğünü benzetmesine şimdi daha iyi bir perspektiften bakmalıyız. Dünyamızın şimdiki canlı biçimlerini doğuracak tüm bilgiyi taşıyan bu kocaman moleküllerin, çok uzak bir geçmiş zamanda, alçakgönüllü bir başlangıçları olması gerek.

En iyi tahminlere göre yaşam; bundan üç milyar yıl önce, o zamanlar iki milyar yaşında olan dünya canlıları barındıracak kadar soğuduğunda başladı. Son derece küçük ve oldukça basit deniz yaratıklarının iki milyar yıldan daha eski fosilleri var. Bu fosilleşmiş yaratıkların ataları herhalde daha da küçüktü. En ilkel canlı biçimi, belki de bugün bolca bulunan basit tek hücreli canlılara hiç benzemeyen bir tek-hücreydi.

Öyleyse bizim yoğunlaşacağımız soru şu: bir hücre, yaşamaya ilk olarak nasıl başlamış olabilir, bu nasıl mümkün olabilir? Soru "hücre nasıl yaşamaya başladı?" değil; bu hiçbir zaman yanıtlanamayacak bir sorudur. Çünkü bu olaya tanıklık edecek kimse yoktu o zaman. Ama yaşamın nasıl oluşabileceğini sormak hakkımızdır. Akıllıca tahminler ve olasılıkları gösteren deneyler yapabiliriz.

Gerekli Maddeler

Jeologların, paleontologların, fizikçilerin, biyologların çalışmalarına dayanarak, dünyanın üç milyar yıl önce nasıl bir yer olabileceği konusunda oldukça iyi bir fikrimiz var. Bilim kurgu kitapları ve filmleri olayı çok canlı ve belki de doğru resimliyorlar; lav ve kayalardan oluşmuş, gri, tümüyle kısır, hiç yeşili olmayan manzaralar, patlayan yanardağlar, sivri dağ tepeleri, buharlaşan denizler, alçak bulutlar, arada çakan şimşeklerle gürültüyle parçalanan ve sürekli yağan yağmurlar. Herhangi bir canlı tarafından görülmemiş ve duyulmamış olaylar. Kuşkusuz bu, sizin ve benim için çok sefil bir ortam olurdu. Ama yaşamın başlangıcı için iyi bir düzendi. Herşeyi harekete geçirmek için gerekenler şunlardı:

1. Ilık bir ortam.

2. Çok miktarda su.

3. Gerekli atomların kaynakları (karbon, hidrojen, oksijen, nitrojen ve fosfor).

4. Enerji kaynağı.

Su ve ısı, sorun değildi. Dünya soğurken, milyonlarca yıllık yağmur okyanusları doldurmuş hala sıcak olan dünya bu okyanusları ısıtmıştı. Şimşekler bol bol enerji sağlıyorlardı. Bulutlar aralandığı sıralarda da güneşten utraviyole ışınları geliyordu. (Bu ışınlar o zaman şimdi olduklarından çok daha güçlüydüler, çünkü atmosferimizi saran ozon tabakası henüz oluşmamış. Ozon, yeryüzünde bitki yaşamının sonucu olarak yavaş yavaş birikmiş bir oksijen tabakasıdır. Bu tabaka ultraviyole ışınlarını geçirmez.)

Bu koşullar; kuşkusuz başlangıçta, en basit birimlerin, bilgi zincirlerinin (DNA) ve hücre maddesi zincirlerinin (protein) oluşması için yeterince basitti. Ama zincirlerimiz olmadan önce halkalarımızın olması gerekir. Önce DNA nükleotidleri ve proteinlerin amino asitleri oluşmalıdır. Bildiğimiz gibi, bu halkalar ufak moleküllerdir. Bunlar, karbon, hidrojen,

oksijen, nitrojen ve fosfor elemanlarının kimyasal olarak bağlanıp düzenlenmeleriyle oluşurlar.

Basit Moleküllerin Doğuşu

Öyleyse işte senaryomuz: Deniz suyunda erimiş karbon, hidrojen, oksijen, nitrojen ve fosfor içeren basit bileşikler, ultraviyole ışınları ve şimşeklerle sürekli bombardıman ediliyorlar. Bu arada bir kısmı kalıcı ve dengede olan, değişik kombinasyonlara da zorlanıyorlar.

İşlem yüz milyonlarca yıl boyunca sürerken, deniz, elemanlarının değişik kombinasyonları yönünden giderek zenginleşiyor. Yeni moleküller, bu arada nükleotidler ve amino asitler birikiyor. Sonunda, denizin son derece bol ve bütün yeni molekül çeşitlerini içeren koyu bir çorbaya dönüştüğü bir zaman geliyor.

Zamanın Önemi

Sözkonusu süreçte zamanın önemini kavramak için biraz duralım. Zaman ne kadar uzun olursa birşeylerin olması da o kadar olasıdır. Kimyasal reaksiyonlar için de bu doğrudur. Zaman sınırlaması olmazsa, yeterince uzun süre beklenirse en olanaksız reaksiyonlar gerçekleşebilir. Eğer bu reaksiyonların ürettikleri bileşikler kalıcı (dengeli) iseler, deniz suyunun nispeten değişmez maddeleri haline geleceklerdir.

İçinde Canlı Olmadığı İçin Çorba Varlığını Sürdürebilir

Şimdi denizin çorba gibi olması düşüncesi size aşırı görünebilir. Bunun bugünkü deneyimlerimizle karşılaştırılabilecek hiçbir yanı yoktur. Böyle zengin bir oluşumun birikmesi, canlılar onu hemen yiyip bitireceği için bugün belki de, olanaksızdır. Bakteriler ve diğer açgözlü yaratıklar şimdi çok kalabalıklar ve ne zaman iyi bir besin kaynağı belirse, hemen onu tüketiyorlar. Kaynak kuruyana kadar üreyip sayılarını arttırıyorlar. Görüyorsunuz ki eskiden yaşam olmadığı için okyanuslar çorba gibi olabilirdi.

Eski Olayların Laboratuvardaki Benzerleri

Aslında, anlattıklarımız hiçbir zaman kanıtlanamayacak bir hipotez. Yine de biz, laboratuvarda bunların olabileceğini gösterebiliriz. Eskiden olduğu öne sürülen koşulların laboratuvarda istenen tepkiyi sağlaması kuşkusuz olanaklıdır. Üç milyar yıl önce denizde bulunduğu düşünülen basit bileşikler bir cam kapta suda eritilebilirler. Kap, şimşeklerin enerji katkısını sağlamak üzere bir elektrik kaynağına bağlanır.

Sistemin bütün parçaları hiçbir canlı hücre olmadığından emin olabilmemiz için önceden strezile edilir. Sonra kaptakilerin bir süre pişmesi için elektrik verilmeye başlanabilir. Sonunda kap açılıp içindekiler incelenir.

Bu deneyin yapılmış olduğunu ve sonucun tümüyle inandırıcı olduğunu sevinerek söyleyebilirim. Hem nükleotidler hem amino asitler beş elemandan bu şekilde oluşturulabildiler. Yani yaşam zincirlerinin halkaları, deniz ve benzeri bir ortamda şimşekleri enerji kaynağı olarak kullanılmasıyla üretildi.

Zincir Moleküllerin Doğuşu

Bundan sonraki adım, açıkça görülüyor ki halkaları, DNA gibi ve protein gibi zincirler oluşturmak için birleştirmektir. İlkel koşulların laboratuvarda yapılmış benzerlerinin, halkaların oluşumu aşamasını sağlamasına bakarak, çalışma ilerletilirse halkaların zincir biçiminde eklenebileceğini de düşünmek akla yakındır.

Nitekim kısa zincirlerin oluştuğunu görüyoruz. Basit kimyalarıyla bugünün DNA'larına ve proteinlerine benziyorlar.

Yine de hatırlayalım, bu deneyler yalnızca ne olabileceğini gösterir, ne olduğunu değil.

Durum Thor Heyerdahl'in; Polinezya adaları halkının Güney Amerika'dan batıya yelken açarak, şimdiki yurtlarını buldukları savını kanıtlamaya çalışırken karşılaştığından farklı değil. Sal üzerinde aynı yolculuğa başarıyla yaparak, yalnızca Polinezyalıların gerçekten bu yolculuğu yaptığını kanıtlamış olmadı, benzer taşıt kullanan herhangi birinin de aynı işi yapabileceğini gösterdi.

Bir Hücreye Doğru

Bu noktadan sonra, hücreyi daha çok tanımak için beş önemli adıma daha göz atabiliriz.

1. Enzimlerin ortaya çıkması: Enzimler, hücre içindeki bütün kimyasal reaksoyunları hızlandıracak özel protein molekülleridir. Bugün canlı hücre; herbiri kendi özel işini yapan, besin maddelerini parçalayan, besinden enerji üreten, basit moleküllerden zincir yapımını kolaylaştıran ve sayısız başka işler yapan binlerce enzim içerir. Olayların denizdeki başlangıç çağlarında yavaş gelişimleri, ancak enzimlerle hızlandırılabilirdi. İlk enzimler, raslantısal olarak birbirine eklenmiş kısa amino asit zincirleri olsa gerek.

Tekrar tekrar "deneme-yanılmayla" bu kombinasyonların bazıları; birtakım reaksiyonları hızlandırabilecek, yalnız kendilerine has bir yeteneği elde etmiş olmalılar.

2. DNA'nın çift kat oluşu: Okyanuslar boyunca DNA zincirinin rasgele eklenen nükleotidlerle yavaş yavaş uzamasını gözünüzün önüne getirmeye çalıştığınızda bazı anlamlı diziler oluşacaktır. Burada "anlamlı", birkaç yeni ilkel proteini yapmak için gereken bilgiyi içermek olarak kullanılmıştır. Bunlardan bazıları, yararlı enzimler veya önemli strüktürlerin parçaları olacaklardır. Bu narin DNA molekülleri ne kadar uzun olurlarsa, kopma tehlikesi de o kadar büyüktür. Bir korunma yolunun raslantı olarak belirmesi ve onları dengeye ulaştırması iyi olacaktır. Basit bir çift kat halinde birleşme bunu sağladı. Birbirine sarılmış ipliklerin zarar görmesi, ayrı ayrı tek başlarına oldukları zamandan daha az olasıydı. Dahası, çift kat olmak, DNA'nın üremesi için gereklidir.

3. DNA'nın çoğalması: Bu, çift sarmal DNA zincirindeki her ipliğin, kendisinin tıpatıp bir kopyasını yapması, sonuçta ikinci bir çift sarmalın oluşması demektir. Son derece basit ve zarif olan bu işlem, bir halatın çözülüp ayrılışı gibi iki zincirin birbirinden ayrılmasıyla başlar. Yeni nükleotidler, eski zincirlerin herbiri boyunca düzenli bir şekilde sıralanırlar ve sonra birbirine eklenirler. Nükleotidlerin her yeni zincirdeki dizilişleri, şaşmaz bir biçimde eski zincirdeki nükleotidlerin dizilişiyle belirlenir. Bunun nedeni; bağlanmak üzere gelen yeni nükleotidlerin, yalnızca eski zincir üzerinde kendilerine karşılık gelen türden nükleotid ile ikili oluşturabilmelidir.

Bu iş bitince, herbiri, bir eski bir yeni zincirden oluşmuş çift katlı iki zincir ortaya çıkmış olur. Bir çift katlı zincir, diğer çift katlı zincirin her yönüyle aynıdır. (Hücre içinde bu iş tamamlandığında, hücre ikiye bölünmeye hazırdır. Bölünmeden sonra iki yeni hücrenin herbirinde birbirinin eşi birer çift DNA zinciri olacaktır.)

DNA'nın iki katına çıkması, DNA molekülleriyle nükleotidlerin kendi başlarına yapabilecekleri bir iş değildir. Şimdi olduğu gibi sanırız yaşamın başlangıç aşamalarında da bütün diğer hücre reaksiyonlarında olduğu gibi enzimler gerekliydi.

4. Temel maddelerin paketlenmesi: Hücre genetiği içinde kritik bir olay, önemli moleküllerin çevrelerinin bir sargı veya zarfla çevrelenmesidir. Bu; hem DNA'nın, hem proteinlerin, hem de diğer önemli moleküllerin

korunmasına yarar. Onları birlikte daha etkin çalışabilsinler diye birbirlerine yaklaştırır. Proteinler ve yağlar "zar" denilen hücre sargısının en önemli elemanlarıdır. Yağlar, hücrenin çevresinden yalıtımım, yani su geçirmezlik niteliğini sağlarlar.

5. Hücrenin ikiye bölünmesi: Molekülleri bir "zarla" sararsak, hücreye çok benzer bir şey elde ederiz. Ama hücre bölünemiyorsa hiçbir işe yaramaz. Gerekli olanlar şunlardır: Yeni bir hücre yapabilmek için bölünebilen bilgi, önemli hücre işlevlerini yerine getirecek enzimler ve bunların hepsinin bir zar içinde toplanıp korunması. Bu paketin bölünmesi, çok karışık bir işlemde bütün bileşenlerin işbirliğini gerektirir ki, bunun nasıl gerçekleşebildiğini, bugün bile anlamış değiliz. Ama bölünebilen hücreler bir kez ortaya çıkınca, günümüze kadar gelen yol açılmış oldu.

Hayat Yalnızca Bir Defa Ortaya Çıktı

Bu olağanüstü yaratılıştan tek bir olaymış gibi söz ediyorum. Belki de öyleydi. Böyle söylemek için iki neden var. Birincisi bugün her canlı yaratık (istisnasız hepsi) aynı yapı malzemelerini kullanıyorlar: Aynı dört nükleotidi, yirmi amino asidi ve diğerlerini. Aynı genel makinelerle protein moleküllerini yapıyorlar (ribozomlar, transfer RNA, mesajcı RNA) ve yaşamın diğer işlerini yönlendiriyorlar. Hayatın bir defadan fazla başlangıcı olduğunu düşünsek, her başlangıcın değişik yapı malzemeleri, makineleri olacaktı. Bütün canlı yaratıkların aynı yapı malzemeleri ve makinelerini içermeleri gerçeği, tek bir başlangıç savını güçlendiriyor.

Tek başlangıca inanmanın ikinci nedeni de canlıların en erken biçimlerinin, içinde oluşturdukları çorbayı çabucak tüketecekleridir. Böylece, kendileri ve onlardan üreyenler, milyonlarca yılda elde edilmiş zengin çevreyi harcıyacaklardır. Ufacık hücre ve yavrularının, o koca okyanuslar dolusu iyi besini yok edivereceklerine inanmak biraz zor olabilir. Ama hemen bunun olabileceğini gösteren bir örneğe bakabiliriz. Çok rastlanan E. koli bakterisi, kendisi için uygun besin olduğu zaman, her yirmi dakikada bir nüfusunu iki katına çıkarabilir. Bu demektir ki şu anda yalnızca bir tek hücreyle başlasak, yirmi dakika sonra iki, bir saat sonra sekiz hücremiz olur. iki saatte 64, üç saatte 512, dört saatte 4096, beş saatte 32768 ve böylece sürüp gider. Hücre kütlesindeki artışın bir atomik zincir reaksiyonu olduğunu görebilirsiniz. Aslında, E. kolisi bolca besinle yirmidört saat üremeye devam etse, üreyen hücreler dünyanın yüzeyinde bir mil uzunluğunda kabuk oluştururlar. Burada önemli olan nokta, basit bir

hücrenin besin stoku bitene kadar veya atıkları kedisini zehirleyene kadar, yiyip bölünebilmesidir. Tüketilecek gıda kütlesinin sınırı yoktur. Böylece, oldukça kısa bir zamanda, ilkel bir hücre ve ondan üreyenler, okyanuslardaki bütün besini tüketebilir. Artık yeni canlıların ortaya çıkmasına olanak kalmaz.

Enerjinin İşe Katılması

Enerjinin, yaşamın başlaması için gerekli olduğunu belirtmiştik. Şimşeğin çakışı, bir ultraviyole patlaması, moleküllerin zincir moleküller oluşturmak üzere birbirine bağlanmasına neden olabilir. Bu zincirlenme ve yaşama işleminin temeli ve varlığı için çok önemlidir ve her zaman da önemliydi.

Birinci bölümde, bir de şekil çizerek, rasgele dağılmış nesneler arasında düzeni sağlamak için bilgiye gereksinimimiz olduğunu gösterdik. İkinci bölümde, bilginin gerçekte ne olduğunu öğrendik. Enerjiye de gereksinimi olduğunu gördük. Şimdi, canlı dünyada enerji akışını daha ayrıntılı inceleyebiliriz.

IV. BÖLÜM

Enerji

Laboratuvarımızdaki radyoaktivite sayacı sabırsızlıkla beklediğim sayıları basmaya başlamıştı. Bir yıllık çalışma sonucunda, hücrelerin amino asitlerin içine, bunların birbirine bağlanıp protein oluşturmaları için nasıl enerji depoladığı konusunda fikirlerimi sınayacak bir deney tasarlamıştım. Bunu bulmak, vücudun en önemli malzemesi proteinin yapılışı üzerine ışık tutmak demekti. Kuşkularıma rağmen başarının ucu görünüyordu. Sonunda sayılar atomların kendilerine çarpmışım gibi ümitlerimi arttıracak biçimde çıktı. Bilim bize beklentileri düşük tutmayı öğretir ama o anda önemli bir buluş yaptığımdan kuşkum yoktu. Çalışmayı yayınlamamdan az sonra bu, diğer araştırmacılar tarafından da onaylandı. Bu ilk adımı bir seri yeni buluş izledi. Beş yıl içinde protein sentezinin tümüyle anlaşılması sağlandı.

Bu bölüm daha çok bu konuyla ilgili, ama önce birinci bölümde şöyle bir değindiğimiz hayvanlar ve bitkilerin enerjiyi nasıl kullandıkları konusuna daha genişçe bir göz atalım.

Söğüt Hava Alıyor

1630'da Johann Van Heimont, 5 pound (yaklaşık 2,5 Kg.-Çev.) ağırlığında bir söğüt dalını 200 pound ağırlığında toprağa dikti. Beş yıl sonra sögüt 165 pound artmıştı, ama topraktan yalnızca iki pound eksilmişti! Bu deney, toprağın bitkiyi oluşturan en büyük malzeme kaynağı olmadığını kesinlikle kanıtladı. Kuşkusuz topraktaki su, bitki için çok gerekliydi; Van Helmont söğüdünü düzenli olarak suladı ve bitki, büyümesine yardımcı olacak bu suyu kullandı. Bugün bile bazıları, bitkileri

oluşturan maddelerin topraktan değilse nereden sağladığını görmekte güçlük çekerler. Havadan geldiği yanıtı, kabullenilmesi zor görünür. Gerçekten bitkilerin kendilerini yapmak için kullandıkları malzeme; karbondioksit, havadan gelir. Su, yapım projesine hidrojen atomlarıyla katkıda bulunur ve bitkinin toplam ağırlığının bir kısmını oluşturur. Böylece, Helmont'un söğütünün neden topraktan bu kadar az şey alırken böylesine bol bol büyüdüğünü anlayabiliriz.

Bitkiler Güneş Işığını Tutarlar

Karbondioksit de olsa, Helmont'un söğüdü hava toprak ve suyun sağlayamayacağı başka bir şey, yani güneş olmasa yaşamını yitirirdi. Güneş enerjisi, karbondioksiti söğüt maddesine dönüştürecek iç işlemleri yürütmek için gereklidir.

Bundan önceki bölümde, yaşamın başlangıcını sağlayan enerji belki de elektrik yükler ve ultraviyole ışınlarından gelmişti demiştik. Hücre varlığının oldukça erken aşamalarında, enerji bulmayı garantiye alacak çok etkin bir araç belirdi. Bu araç klorofil sistemiydi. Bitkiler güneş enerjisini bu sistemle "kafesleyip", hücre içinde hizmete sunarlar.

Klorofil hepimizin bildiği gibi bitkilerin yeşil rengini verir. Yaprakların, otların ve iğnelerin yeşili klorofildendir. Bu boya molekülünün atomları öyle bir biçimde düzenlenmiştir ki, bitkinin yüzeyine çarpan ışık, molekülün içinde kalır. Yakındaki enzimler ve diğer protein moleküllerinin yardımıyla ışık, önce elektrik enerjisine sonra kimyasal enerjiye dönüşür; kimyasal enerji de bitkinin yapımında kullanılır.

Bitki yaşamının dünyaca bilinen en basit dökümü şöyledir:

Işık enerjisi+Karbondioksit+Su-şeker+Oksijen

Bu formüle göre bitkiler, güneş enerjisi kullanarak karbondioksit ve su moleküllerini tüketip onları şeker moleküllerine dönüştürürler. Oksijen bir atık olarak çıkartılır. Şeker bitki içinde, bitki maddesi yapmak için, yanabilir enerji kaynağı olarak kullanılır. Yani bitkiler büyümek için kendi şekerlerini yerler.

Hayvanlar Bitkileri Tüketirler

Biz hayvanlar doğal olarak serbest oksijen olmazsa yaşayamayız. Daha önce öğrendiğimiz gibi serbest oksijen ilkel atmosferde yoktu. Ama yukarıdaki formülde oksijenin bitkilerin atık ürünü olduğunu görüyoruz. Bitkiler kendi çıkardıkları oksijeni hiçbir yerde kullanamıyorlar. Giderek

artıp yeryüzünü yüzlerce milyon yıldan fazla bir zaman hükümlerine aldıklarında bu oksijen atmosferde birikti. Yavaş yavaş hayvan yaşamının doğmasına elverişli bir çevre gelişti. Daha önce belirtmiştik, hatırlayalım; atmosferin üzerinde biriken oksijen zamanla bizi, bitkileri ve hayvanları ultraviyolenin zararlı etkilerinden koruyan bir ozon tabakasına yol açtı. (Şimdilerde, bu ozon tabakası gerosol sprey tenekelerinde parlayıcı olarak kullanılan florokarbonlarla bozuluyor. Florokarbonlar ozon tabakası içinde yüzerek ayrışıyor ve ozon moleküllerinin parçalanıp oksijene dönüşmesine neden oluyorlar. Sonuç, yeryüzüne gittikçe artan miktarlarda, canlılardaki DNA'yı bozabilecek ultraviyole ışınlarının ulaşmasıdır.)

Evrimin bir aşamasında, bitkilerden iki yoldan "yararlanan" canlı hayvan biçimleri gelişmeye başladı. Bu hayvanlar, bitkileri içerdikleri besin (şeker) için yediler ve bitkilerin ürettikleri oksijenle nefes aldılar. Dünyadaki hayvan aktivitesinin basit formülü de şöyle:

şeker+Oksijen-Karbondioksit+Su+enerji

Hayvanların bitkileri yiyerek elde ettikleri şeker, oksijenin varlığıyla yanar, atık olarak karbondioksit ve su çıkar. Yanma işlemi hücreler için, hayvan maddesi yapımında kullanılacak yararlı kimyasal enerjiyi üretir. Yani hayvanlar büyüyebilmek için bitkileri (şekeri) yerler.

Bitkilerin ve Hayvanların Birbirine Gereksinimleri Vardır

Şimdi, bitkilerle hayvanların tümüyle birbirine bağımlı olduklarını göreceğiz. Bitkiler hayvanların soluduğu oksijeni yaparlar, hayvanlar da bitkilerin yapı malzemesi olarak kullandıkları karbondioksiti üretirler. Bitki ve hayvan formüllerini, bütün canlı varlıkları anlatan bir çember olarak birleştirebiliriz böylece.

Çember formülü, daha basit bir deyişle bitki yaşam formülünün tersine okunmasının hayvan yaşam formülüyle aynı olduğunu göstermenin başka bir yoludur. Bu formül, hayvan ve bitki yaşamlarının tümüyle birbirine bağımlı olduğunu ve hayvanların yiyecek kaynağının oluşması için, yeryüzünde önce bitkilerin kendilerine sağlamca bir yer yapmış olmaları gerektiği gerçeğini kesinleştiriyor.

Şu açıktır ki bütün yaşam (bitki ve hayvan) güneş ışığına bağlıdır; bitkiler doğrudan, hayvanlarda bitkiler aracılığıyla... Güneş olmazsa, gezegenimiz hem karanlık hem de ölü olacaktı.

Bitkilerle hayvanların birbirine bağımlılığını sınayacak ufak bir deney yapabilirsiniz. Bir sümüklü böceği, küçük bir su bitkisini ve biraz suyu bir test tüpüne kapatın ve güneşe bırakın. Sümüklü böcek de, bitki de haftalarca sağlıklı kalacaklardır. Sümüklü böcek bitkiyi yiyip karbondioksiti atık olarak çıkaracaktır. Bitki karbondioksiti tüketip büyüyecek, oksijen üretecektir. Sümüklü böcek de oksijeni, yediği bitkinin şekerini yakmak için kullanacaktır. Tüpü karanlık bir yere koyarsanız sümüklü böcek de bitki de ölür.

Ölüm Yaşamı Doğurur

Hayvan ve bitkiler öldükleri zaman, protein, DNA ve RNA zincirlerinin son derece karmaşık bir organizasyonu olan vücutları çürür. Şimdi sıra diğer organizmalarda, daha çok da bakterilerdedir. Yaşamın daha önce yarattığı düzenin ziyafetine konarlar, onu yakarak kendilerini çoğaltırlar. Şimdi ana atık madde karbondioksittir ve karbondioksit bitkilerin onu yeniden kullanabilmesi için atmosfere döner. Atmosferdeki karbondioksitin çoğu çürüyen bitki ve hayvanlardan gelir. Eğer çürüme olmasaydı, cesetleri ne yapacağımızı düşünmemize gerek olmayacaktı ve bir kaç yıl içinde bütün yaşam yok olacaktı.

Zincir Yapmak İçin Enerji

Klorofilin ortaya çıkışının ne kadar etkin ve önemli bir evrim olayı olduğunu görmek kolaydır. Klorofil oluştuktan sonra, yeryüzünde bitki ve hayvan nüfusunda neredeyse bir patlama oldu. Klorofilin güneş enerjisini kafeslemesi, aslında hücre içinde, hücre maddesinin yapımını mükemmelleştirmek için kullanıldı. Şimdi bildiğimiz gibi yapılacak en önemli iş, halkaların zincir yapmak için birleştirilmesidir. Öyleyse enerjinin, zincirlerin büyümesini nasıl sağladığını anlamak istiyoruz.

ATP Hücrenin Enerji Değişim Aracıdır

Klorofil tarafından emilen ışık enerjisi, o haliyle bitkilere yararlı değildir. Yararlı bir hücre enerjisine, bir kimyasal enerji biçimine dönüşmesi gereklidir. Bitki olsun hayvan olsun bütün canlı hücrelerin enerji sağlayıcısı daha çok ATP olarak bilinen adenosin trifosfattır. ATP, hemen hemen DNA zincirinin tek bir nükleotid halkası büyüklüğünde ve karmaşıklığında bir moleküldür. Aslında, fazladan iki fosfat eklenmiş bir nükleotiddir (adenosin monofosfat) Önce ATP'nin hücre içinde nasıl oluştuğunu inceleyeceğiz. Burada gördüğünüz gibi klorofil ışığı emer, ışığın enerjisini elektriğe

çevirir, sonra da şeker yapma işlemi sırasında bu enerji ATP'ye dönüşür. Güneş enerjisi böylece ATP molekülleri içine kilitlenip saklanır.

Hayvan hücrelerinin klorofilleri yoktur. Onlar bitkileri yiyerek sağladıkları şekerden ATP üretmek zorundadırlar. Bitki şekerinin oksijenle yakılıp ATP sağlanması için, hayvan hücrelerinin ufacık şeker yakan odacıkları vardır.

Yanma

Canlılardaki yanma ile bildiğimiz yanma arasındaki en önemli fark, ikincisinde enerjinin tüketilen malzemede (odun, kömür veya şekerde) olup yanma sırasında ısı olarak serbest kalmasıdır. Canlılardaki yanma olayında ise, enerji tüketilen malzemeden (şekerden) ATP olarak elde edilir. Hayvan hücrelerinde şeker yakarak ATP yapımının, bitki hücrelerinin ışıktan ATP yapmasıyla birçok benzerliği vardır. Şeker yanması bir elektrik akımı üretir; başka bir deyişle bir grup protein molekülü boyunca elektron akımı oluşur. Buna benzer olarak klorofil de bir miktar güneş ışığını emdikten sonra, bu enerjiyle elektronlar açığa çıkar ve bir dizi protein molekülünden bir elektrik akımı gibi geçirilirler. İki durumda da akım, fosfat moleküllerinin adenosin nükleotidine bağlanmasına, yani ATP moleküllerinin doğmasına neden olur. Kısaca, hem güneş ışığının emilmesinde, hem de şeker yanmasında, hareket eden elektronlar üretilir; bunlar ATP moleküllerini yaparlar.

ATP, hücrelerin içinde, kendi koruyucu zarları olan özel bölmelerde yapılır. Bunlar hemen hemen hücre içinde ufak ayrı hücreler gibidirler. Bitkilerde güneş ışığından ATP yapılan yerlere kloroplast denir; hayvanlarda ise mitokondria denilen şeker yakarak ATP üretilen şeker fırınları vardır.

Bitkiler Şekeri Kendileri İçin Yaparlar

Buraya kadarki gelişmelerden bitkilerin şekeri hayvanları mutlu etmek için yaptığı sonucunu ortaya çıkartabilirsiniz. Bu tabii ki böyle değildir. Şeker fotosentez işleminin ana ürünüdür. Ama hayvanlar gibi bitkilerin de kendi maddelerini yaparken, daha çok ATP ve gereksindikleri diğer bileşikleri elde etmek için yaptıkları şekeri yakmak zorundadırlar. Bunu mitokondria benzeri şeker yakan fırınlarda yaparlar. Sonuç olarak bitkiler iki enerji-çevirme mekanizmasına sahiptir; bunlardan biri şeker yapmak için güneş enerjisi kullanır, öbürü hayvanlardaki gibi ATP ve buna bağlı bitki maddesi yapmak için şeker yakar.

ATP'nin Anatomisi

Şimdi ATP'yi daha dikkatle yakından incelenmeye hazırız. Nasıl çalıştığını anlamak için ana özelliklerini tanıyalım: Büyükçe parça adenosin mono fosfat-AMP, kendisinden daha küçük pirofosfat-PP'ye bağlıdır. İki parçayı ve aralarındaki bağı göstermek için AMP-PP yazıyoruz. Şeker yakma işleminde elde edilmiş AMP-PP, AMP ve PP arasındaki bağlantıda, depo edilmiş enerji içerir. Potansiyel enerjidir bu. Söylediğimizin doğruluğunu, AMP-PP bağını AMP ve PP yapmak için kopardığımızda kolayca görürüz.

Bunu yaptığımızda ısı çıkaran küçük bir patlama olur. AMP-PP'nin sağladığı enerjiyi görmenin en etkin yolu, canlı sistemlerde molekülün ne yaptığını izlemektedir.

ATP Bağlantılara Enerji Verir

Bu bölümü, ATP enerjisinin protein yapımında nasıl kullanıldığı üzerine buluşumun bana verdiği heyecandan söz ederek açtım. Şimdi bu önemli ilk adıma daha ayrıntılı bakabiliriz.

ATP'den (AMP-PP)ne beklendiğini bir benzetme ile görebilirsiniz: Bir avuç dolusu bildiğimiz telden yapılmış zincir halkamız olsa ve bunları birbirine eklemek istesek, bir kerpeten alıp her halkayı açıp ondan sonrakine geçirip yeniden kapatarak ilerleriz. Bu işlemi iş bitene kadar yineleriz. Tamamlamak için uzun zaman enerji kullanıyoruz. (fiziksel kas enerjisi). ATP de ellerinizin ve kaslarınızın yaptığına benzer bir iş yapmak zorunda.

İşte ATP'nin zincir halkalarını eklemek için kullandığı yol:

ATP ve bağlanacak iki halka

AMP-PP'yi gerçek bir halkayla, örneğin bir amino asitle bağlanmaya hazır bir durumda çizdim. İlkin zincir halkası gösterdim eklenmeye hazır. Sanırım, bunların eklenebilmelerinin yardım görmeden olanaksız olduğu yeterince açık görülüyor.

İlk önemli adım, AMP-PP'nin AMP bölümünün halkalardan birine gerçek bir kimyasal bağlantısının sağlanmasıdır. Bu olunca, PP'ye gerek kalmaz. AMP halkayı PP'yle bağlantısı pahasına almıştır. Bu reaksiyon aradaki enerji bağını sürdürür, ama bu sefer AMP ile halka arasında...

Şimdi zincir halkasının "harekete geçirildiği" söylenebilir. Bu, zincirdeki başka bir halkayla reaksiyona girmeye hazır olacak biçimde değişikliğe uğradığı anlamındadır. Bunu yeni bağlantıdan akan enerjinin halkanın açılmasına neden olduğunu göstererek resimledim. Halkanın bu hareketlendirilmiş durumu, kendisi için rahat değildir. Reaksiyona girmek için başka halkalar "arar". Bu bir bağlantının yapıldığı ve aynı anda AMP'nin serbest kaldığı en son evrede gösterilmiştir.

İki ayrı halka eklenirken, ATP (AMP-PP)'nin de AMP ve PP olarak ayrıldığını gözden kaçırmayın.

Enerji Titizlikle Korunur

Enerjinin ne kadar titizlikle korunduğuna bakalım. AMP-PP'yi kimyasal olarak AMP ve PP'ye ayırsaydık, enerji kullanılmayan ısı olarak çıkacaktı. Hücre de AMP-PP'yi AMP ve PP olarak ayırır, ama enerjiyi yapım işleminde iki halkanın bağlanmasında kullanarak bir amaca yönlendirmiş olur, böylece korur.

Mitokondria'ya dönersek; AMP'nin yeniden ATP üretmesi için kendisine yeni fosfatlar bağlanabilir. PP özel bir enzimle ikiye ayrılıp iki fosforik asit çıkarabilir. Bunlar da yeniden kullanılabilir.

Enzimler Olmadan Hiç Bir Şey Olmaz

Bütün bu anlattıklarımız, enzimlerin yardımı olmasaydı olmazdı. Enzimler, herşeyi hücrenin amaçlarını sağlayacak oranlarda ayarlayan protein molekülleridir. İşlevleri AMP-PP ve zincir halkalarını, olmaları gereken doğru biçimlerde tutarak yanyana olmalarını gözetmektir.

İşleme katkıda bulunacakların birbirleriyle doğru ilişkide olmaları sağlandıktan sonra, geri kalan olaylar kolayca gelişir. Enzimler olmasa, olayların kahramanlarının yanyana gelmeleri raslantıya kalacak, böylece bilinmeyen uzunlukta bir zaman alacaktı.

Transfer RNA Yeniden Karışımızda

Protein zinciri yapımı işlemine ATP'nin nasıl katıldığını size açıklayabilmek için, olayların gerçek sırasını olduğu gibi belirtmedim. Şimdi herşeyi doğru sırasına göre anlatayım. Bir amino asit halkası AMP'ye bağlanıp harekete geçirildikten sonra (halka açıldıktan sonra), biraz önce resimde gösterdiğim gibi hemen başka bir amino asit halkasına bağlanır. İkinci bölümden hatırlayacaksınız, amino asitler tRNA'ya, bir kimlik sahibi olsunlar, böylece mesajcı RNA kendilerini doğru düzene uygun şekilde

tanıyabilsin diye bağlanırlar. Amino asitler ancak ribosom veya mesaj okuyan makine üzerinde doğru yerleştirildikleri zaman, komşu amino asitle birleşmeye hazırdırlar. Prensip olarak orada anlattıklarım geçerlidir. Yalnız şu noktaya dikkat edelim: Yalnızca reaksiyona hazır ("açılmış halka"), tRNA'ya açık olarak iletilir ve ribosom üzerinde doğru biçimde yerleştikten sonrasıdır ki kendisinden sonraki halkayla birleşme yapar.

Mekanizmanın ne kadar akıllıca olduğuna dikkat edin. Hareketlendirme adımı, amino asit halkasını herhangi bir başka halkayla reaksiyona hazırlar. Ama bu yetmez; halkalar ancak doğru düzende yerleştikten sonra birleşmek zorundadırlar. Düzen, her amino asitin kendi özel tRNA'sıyla birleşmesini gerektirir. Amino asiti hareketlendiren (açan) enzim, aynı zamanda onun açılmış durumda doğru tRNA'ya bağlanmasını sağlar.

Böylece şimdi bütün sistemlerde enerjinin, protein moleküllerindeki halkaların biraraya getirilmeleri için nasıl kullanıldığını biliyoruz. Daha önce de söylediğimiz gibi protein, yaşamın ana malzemesidir ve buna göre yalnızca bilgi değil enerji kaynağını da oluşturan dev bir maden ocağıdır. Çünkü her halka, bağlantısı ATP'den üretilmiş enerjiyi korur. Benzer prensipler, DNA ve RNA moleküllerinin halkalarıyla diğer molekül tiplerinin halkalarının bağlanmasında da geçerlidir.

Herşeyi Yürüten ATP'dir.

Son olarak, canlı sistemlerde her yerde bulunan ATP konusunda biraz fikir edinmelisiniz. ATP gerçekten enerji alış-verişin evrensel birimidir. Anlattıklarımızı onun zincir molekülleri yapımında kullanılışıyla sınırlamıştık.

Diğer yandan bizim gibi bir hayvanda ATP'nin günlük kullanılışının % 10'u bu amaca yöneliktir. Geri kalan enerjinin çoğu, kasları hareket ettirmek için kullanılır. ATP kas liflerinin birbirinin üzerinden kayabilmeleri için gerekli enerjiyi verir, bu amaçla büzülmeyi sağlar.

Hareketi içeren diğer işlemler de (örneğin, kimyasal maddelerin hücre zarlarını geçerek taşınması) ATP'ye gerek duyarlar. Ama bana göre, ATP'nin en ilginç kullanımlarından biri, onun hareket mekanizmasını en iyi açıklayan olay, ateş böceğinin fenerini yakmasıdır.

Herhangi bir ışık yakmak için enerji gerekir. Bir el fenerinde bunu pil; ateş böceğinde ise ATP sağlar. Ateş böceği fenerlerini suda ezseniz, bu özel malzemeyi ayırıp, fener proteinleri solüsyonunu bir test tüpüne koysanız,

karanlık bir yerde tutarken içine ufacık bir miktar ATP atarsanız, bütün tüp aydınlanır! Işık kaybolduktan sonra biraz daha ATP, onu yine yakacak ve bu böyle sürüp gidecektir. Bu sistemin incelenmesi, mekanizmanın, temelde zincir bağlantıları için anlattıklarımızın aynısı olduğunu açığa çıkarıyor. ATP, AMP'sini kısmen proteine bağlıyor ve proteine verilen enerji, onun biçiminin değişmesine neden oluyor. Bu özel biçim değiştirmiş protein, ışık saçıyor.

Meslekdaşım William Mc Elroy bunları yüzlerce küçük çocuğun yardımıyla ve yakaladıkları her yüz ateş böceğine bir penny vererek buldu. Bu deneyler yirmi yıl önce yapıldı. Şimdi ABD'de kutu kutu ateş böceği fenerlerini, laboratuvar malzemesi satan yerlerden ucuz fiata sağlamak mümkün.

Mars'ta Yaşam

Öykümüzde bir başka gezegene atlamamız garip görünebilir. Ama daha ben bunu yazarken, biz dünyalılar bir Viking aracını Mars'a indirdik ve kepçesi yaşam olup olmadığının incelenmesi amacıyla toprak örnekleri almak üzere uzanıyor bile. Dahası, siz okuyucular, Mars'ta yaşamın ipuçlarını nasıl arayabileceğimiz konusunu anlayabilmek için yeterince bilgi birikimine sahipsiniz.

Mars'taki koşullar öyle ki her ne biçim yaşam olursa olsun, çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük, mikroskopik olacaktır ve aracın kolunun alabildiği nispeten ufak bir yüzey toprak örneğinde bulunması gerekecektir.

Şimdi Mars atmosferinde bolca karbondioksid olduğunu size söylersem, neyi aramamız gerektiği üzerine iyi bir tahmin yapabiliriz. Güneş ışığının varlığıyla karbondioksidi daha karmaşık maddelere çevirebilecek, ilkel bitki gibi birşeyleri aramamız gerekir. Araçtaki ufacık laboratuvar bunun olup olmadığını saptayabilir.

Bir toprak örneğine radyoaktif karbondioksid verip sonra toprakta, bu radyoaktivitenin daha büyük moleküllerin parçası haline gelip gelmediğine bakabiliyor. Veya radyoaktif şeker ekleyip, radyoaktif karbondioksitin çıkıp çıkmadığını gözleyerek hayvan benzeri yaşamın olup olmadığını irdeleyebiliriz. Çünkü böylece topraktaki birşeylerin o şekeri yakıp yakmadıkları ortaya çıkacaktır.

Araçtaki Mars laboratuvarı bunu ve buna bağlı otomatik deneyleri yapıp sonuçları Dünya'ya iletebilecek kapasitededir. İlk denemelerden sonuç

almak çok olanaklı görünmüyor. Ama yapılanlar, başka yerlerde yaşam ipuçlarının nasıl aranacağını belirleyebilmek için dünyadaki yaşam üzerine bilgimizin değerini kanıtlıyor.

Bilgi ve enerjinin birlikte çalışarak temeldeki zincir yapma işini nasıl sağladıklarını ve bu işlemlerin Dünyada nasıl doğabileceklerini öğrendik. Şimdi doğanın dünyada üç milyar yıldır, ilk başlangıçtan bugünkü girift karmaşıklığı üretebilmesinin altında yatan güçleri araştıralım.

V. BÖLÜM

Değişme

Buraya kadar anlattığım yaşamın temel prensiplerinin anlaşıldığı parlak buluşlar dönemi boyunca, Sovyetler Birliğinde genetik ve evrim araştırma ve uygulaması bir şarlatan tarafından denetleniyordu. İşe yaramaz bir bilim adamı ama ateşli bir polemikçi olan T.D. Lysenko, önce Stalin'i sonra Kruşçev'i canlılarda kazanılan karakteristiklerin kalıtımla sonraki kuşaklara geçirilebileceğine inandırdı. Bunun aksini savunan bilim adamları, 1930'ların ortalarından 1960'ların ortalarına kadar susturuldular. Bu dönem boyunca hükümet, Lysenko'nun teorilerini izleyerek tropik bitkileri Arktik bölgelere uydurmaya, kış buğdayını bahar buğdayı bölgelerine zorlamaya çalıştı, bu da Rusya'nın tarım verimini altüst etti. Lysenko'nun kavramları, daha başından DNA'nın kalıtımın temel maddesi olma rolünü tümüyle reddediyordu.

Bir gün basketbol maçı seyrederken bağımlı düşüncenin bu gülünç örneği geldi aklıma. Lysenko, bize basketbol oyuncularının oynadıkça boylarının uzadığını ve oyuncuların çocuklarının sonuç olarak daha uzun boylu olacaklarını söylese inanabilir miydik? Her yeni nesil basketbol oynadıkça potanın tavana doğru yükselmesi mi gerekecekti?

Sovyet hükümetince; bu sonradan elde edilmiş karakteristiklerin, kalıtımıyla sonraki nesillere geçirileceği düşüncesinin desteklenmesi anlaşılabilir, çünkü bu; tohumlara belli şartlar uygulamakla ürünün iyileştirilebileceği demek oluyordu. İnsana da kendi gelişmesini etkilemek ve sonuçlarını çocuklarına aktarmak umudunu veriyordu.

Ama gerçek acımasızdır. Profesyonel basketbol oyuncularının boy uzunlukları bazı insanların diğerlerinden uzun olmasını sağlayan raslantısal sürece bağlıdır. Kimi insanlar uzun boyludur ve uzunlar basketbol oynamak üzere seçilirler.

Bu ve bundan sonraki bölümde değişme ve doğal seçme üzerinde yoğunlaşacağız; değişimin kaynağı, canlıların çeşitliliği ve çevrenin yaşımını sürdürmesine olanak verdiği canlı biçimlerini seçmesi üzerinde duracağız.

Canlıların uzun tarihi boyunca, esneklik ve uyum yeteneği (değişebilirlik) çok değerli özelliklerdir. Çoğunlukla sert ve durmadan değişen yeryüzünün çevre koşullarında, değişme ve yaşamı sürdürebilme eşanlamlı şeylerdi.

Sizi, beni, tavuğu, yumurtayı, basketbol oyuncusu ve yeryüzünün bütün diğer yaratıklarını o tek hücreden başlayarak bugüne getiren olaydan evrimden sözediyoruz.

Evrimde canlılar iki yolla değişime uğrarlar: DNA'da mutasyon ve DNA'ların Cinsel Karışımıyla.

Bir organizmanın DNA'sının değişmesi, şimdi biliyoruz ki organizmanın kendisinde de değişmeye neden olur. Değişen organizmanın kaderi, değişmiş haliyle çevreye uyum gösterebilmesine bağlıdır. Bu seçme olayı bundan sonraki bölümde incelenecektir.

Mutasyonlar

Mutasyon, DNA içindeki dört tür nükleotid halkasından bir veya daha fazlasında değişmedir.

Bir tek halkada bile değişiklik, hatırlayacağınız gibi DNA mesajında bir harfin değişmesi demektir. DNA'dan kopye alan mesajcı RNA değişikliği içerecektir ve protein yapmakta olan makine tarafından farklı okunacaktır. Ortaya değişmiş bir protein çıkacak ve amino asit zincirinde bir halka farklı olacak, sonuç olarak da proteinin işlevi değişecektir.

Mutasyonların en önemli özelliklerinden biri, DNA kopye edildiği zaman onların da kopye edilmeleridir. Daha önce açıkladığımız gibi, hücre bölünmesine hazırlık olarak bir enzim yeni bir dizi gen üretilene kadar, DNA'daki nükleotidleri teker teker aynen kopye eder. DNA'daki bir mutasyon, genellikle, değişimi o DNA'yı içeren hücrelerin bütün gelecek

kuşaklarına geçirmek amacı ile kopye edilir. Böylece ufak bir mutasyon DNA diline sonsuza kadar yerleşir.

Mutasyon Nedenleri

Mutasyonlara, doğal reaksoyanlar (örneğin X-ışınları ve ultraviyole ışınları) ve insan yapısı kimyasal maddelerin DNA'nın nükleotidleri halkalarına çarparak bozmaları neden olur. Nükleotidler böylece başka nükleotidlere dönüşebilirler.

Kimyasal olarak dört standard nükleotid dışında bir biçim alabilirler, veya tümüyle zincirden kopabilirler.

Bütün bu değişmeler doğal olarak zincirin anlamını değiştirebilir; dil bundan sonra artık biraz değişmiştir.

Mutasyonlar tümüyle raslantısal olaylardır. Kesinlikle DNA'nın hangi halkasına çarpacağını bilmenin olanağı yoktur. Biz dahil herhangi bir canlı yaratığın DNA'sının herhangi bir nükleotidinde her an mutasyon görülebilir. (Buna karşılık bazı ilginç titizlikte davranan enzimler de DNA'yi sürekli gözler ve bir değişiklik bulurlarsa onarırlar. Ama herşeyi de yakalayamazlar.)

Mutasyon Beden Hücrelerini ve Cinsel Hücrelerini Farklı Şekilde Etkiler

Bütün beden hücrelerimiz, DNA'yı oluşturan, annemizden ve babamızdan aldığımız iki birbirini tamamlayıcı bölüm içerirler. Ana babanın çocuk yapabilmeleri için, DNA'larını, yalnızca birleşmeye elverişli olan tek hücrelere yerleştirmeleri gerekir; bu, karşı cinsin bir hücresiyle çiftleşip böylece DNA'larını paylaşmak içindir. Bu özel hücreler, erkeğin testislerinde yapılan spermlerle kadının yumurtalıklarında yapılan yumurtalardır.

Bedenimizin hücrelerinden birinde DNA'da bir mutasyon oluştuğu zaman çoğunlukla bunun hiç farkına varmayız. Bedenimizdeki milyarlarca hücreden birinin bozulmasını hissetmek çok zordur. Bir tek önemli istisna var: Hücrenin kanser olmasına neden olan mutasyon. Bu değişmeyi bundan sonraki bölümde inceleyeceğiz. Oysa yeni bireyleri yapmak için kullanılan sperm ve yumurtaları üreten testis ve yumurtalıklar içindeki hücrelerde mutasyon olduğu zaman durum oldukça değişiktir. Çünkü eğer yumurta veya sperm mutasyon içeriyorsa, bu mutasyon doğal olarak döllenmiş yumurtaya geçecektir. Döllenmiş yumurta bölündüğünde de mutasyon

bütün yeni hücrelere kopye edilecektir. Böylece sonuçta ortaya çıkan yetişkinin bedeninin her bir hücresinde mutasyonun bir kopyesi bulunacaktır. Ve bu yetişkinin testis veya yumurtalıklarında oluşan, sperm veya yumurta, her seks hücresi de bu mutasyonu taşıyacaktır.

Buna göre, evrimde önemli olacak mutasyon bir organizmanın cinsel hücrelerinde olup kalıtımla geçirilebilen mutasyon çeşididir.

"İyi" Mutasyonlar ve "Kötü" Mutasyonlar

Mutasyonlar enderdir ama yine de evrimsel değişmenin temel araçları olmuşlardır. Bir organizmanın proteinlerinde, çevreye uyum sağlamasında avantajlı değişmelere yol açabilirler. Bu anlamda mutasyonlar yararımızadırlar. Ve bu işlemin böylece sürdüğünü, başka bir deyişle, biz dahil bugün yaşayan bütün canlı varlıkların bedenlerinin işlevini daha iyi görebilmesi için DNA'nın daha iyi proteinler yapacak şekilde sürekli olarak değiştiğini düşünmemek için hiçbir nedenimiz yok. Kuşkusuz yararlı mutasyonların ortaya çıkması kolay değildir. DNA'da proteinin içindeki amino asidi değiştirip proteinin daha iyi çalışmasını sağlayacak bir mutasyonu fark etmemiz pek olası değil. Kısacası ufak ilerlemeleri ölçecek kolay bir yöntemimiz yok.

Ama mutasyonların çoğuna bakılırsa, en azından bizim izleyebildiklerimiz zararlıdır. Yararlı mutasyonların tersine kötü sonuçlar doğuran mutasyonları saptamak kolaydır; çünkü bir bozukluk, zayıflık, hastalık olarak açığa çıkarlar. Hemen hemen hergün insanlarda mutasyonların neden olduğu yeni hastalıklar öğreniyoruz. Herbiri çok ender olan bu hastalık türlerinin sayısı epeyce fazla. Her olayda da, bir sonraki kuşağa sperm veya yumurta olarak, geçirilen cinsel hücrelerdeki DNA'nın mutasyonu yatıyor. İkinci kuşakta bedeninin bütün hücrelerinde mutasyonun bir kopyesi var. Çok incelenmiş bir örnek, orak gözeli kansızlık (sickle celle anemia: kalıtımla geçen çoğunlukla zencilerde görülen kronik kansızlık); bu hastalıkla kandaki alyuvarlar orak biçimini alıyorlar. Burada DNA'daki mutasyon hemoglobin denilen, protein hücrelerini belirleyen gende görülür. Bunlar, ciğerlerimizden bedenimizin hücrelerine oksijen taşıyan kanımızdaki alyuvar hücrelerinin proteinleridir. DNA'daki mutasyon, mesajcı RNA'da değişme olarak kopye edilince, kırmızı kan hücrelerinin bozuk hemoglobin molekülleri yapmalarına neden olur. Her zincirin içinde yalnızca bir amino asidin değiştiği moleküller yapılır böylece. Bu tek değişme hemoglobin moleküllerinin biçimlerinin

değişmesine yol açar. Biçimi bozuk moleküller kan hücrelerinin zarını gererler, böylece hücrenin kendisinin biçimi de bazan orağı andıracak şekilde bozulur. Yamulmuş kan hücreleri patlarlar, damarlara yapışarak ciddi bir hastalığa neden olabilirler.

Mutasyonların çoğunun zararlı oluşu şaşırtıcı olabilir. Buna bir de şu yönden bakalım. Bugün canlı organizmalarda birikmiş bilgi (üç milyar yıllık evrimin birikmiş sonucu) bütün dünya şairlerinin şiirlerinin toplamından daha çok işlenmiş, daha incedir. Bir harfte, bir kelimede, bir deyimde raslantıya bağlı değişmenin parçayı daha iyi yapması uzak bir olasılık; böyle raslantısal bir çarpmanın zararlı olması daha akla yakın. Birçok biyo, nükleer silahların, nükleer reaktörlerin ve endüstride üretilen mutasyona neden olabilecek türden kimyasal maddelerin artmasından, bu nedenle korkmaktadırlar. Dünyadaki DNA stoku ölçülemeyecek kadar değerlidir. Evrim hiçbir zaman tekrarlanmayacağı için de yok olursa bir daha yerine konulamaz. Üç milyar yıllık evrimin eserine zarar vermek canavarca bir kötülük olur; dünyanın bütün sanatçılarının eserlerini yok etmekten çok daha büyük bir kötülük!

DNA'nın Cinsel Karışımı

DNA'daki değişmelerin evrime yeterince değerli katkıları olsa bile, mutasyonlar çoğunlukla zararlı raslantısal olaylardır. DNA'yı bozma riski olmadan değiştirecek daha iyi bir şeye gereksinim var. DNA'yı başka bir DNA'ya karıştırarak değiştirmek bu amacı sağlayabilir. İki değişik hücre biraraya gelseler, birinin DNA'sından bir parçanın doğrudan doğruya diğerinin DNA'sına eklenmesi üzerine anlaşsalar, böylece ikisinden de gen alan bir yavru üretseler, dev bir adım atılmış olur.

Bu DNA alışverişi yönteminin büyük avantajı, değişimin daha önce sağlamlığını kanıtlamış bir DNA parçasıyla (genle) sağlanmasıdır. Sonuç çoğunlukla "iyi" bir değişme olacaktır, çünkü her iki DNA bileşeni de evrimsel başarı, yani yaşamı sürdürebilme testinden geçmişlerdir. Halbuki, DNA'daki mutasyonel değişme yukarda öğrendiğimiz, yararlı olmak yerine daha çok bozukluğa yol açıyor.

Hücre Karışımı

Çok uzak geçmişte bir zamanda, iki hücrenin DNA'larının raslantısal olarak biraraya gelmesinin gerçekleşmiş olması gerek. Sanırız, o eski çorbanın içindeki hücrelerin sık sık çarpışarak birbirine karışmak, birleşmek için yeterince uzun bir süre yapışık kaldıkları raslantısal durumlar olabilirdi.

Başka bir deyişle, birbirlerine değdikleri noktada iki hücrenin koruyucu zarlarının yırtılıp içindekilerin birbirine karışması mümkündü. Sonuçta ortaya çıkan daha büyük bir tek hücrenin davranışı, iki hücrenin de proteinleri tarafından belirlenecektir. Böylece iki hücrenin DNA'sı da bir tek hücrenin içine yerleşmiş olur.

Buna çok benzer bir şey, bundan sonraki resimde gösterildiği gibi bugün gerçekten olmaktadır. Bedenin değişik kısımlarından veya değişik hayvanlardan, örneğin insandan ve tavuktan alınan hücreler laboratuvarda biraraya getirilip birleştirilebiliyorlar. Ortaya çıkan hücre bildiğimizin iki katı kadar DNA içeriyor ve bölündüğü zaman çoğunlukla yeni hücrelerin de iki misli DNA'sı bulunuyor.

Seksin Doğuşu

Hücre birleştirmesinin yapılabilmesi gerçeği, bir hücrenin DNA'larını başka bir hücrenin DNA'larıyla birleştirmenin eski bir yöntem olabileceğini akla getiriyor. DNA'ları karıştırmak için ilk yöntem ne olursa olsun, buna seksin başlangıcı olarak bakılabilir. Bu kuşkusuz evrimde en önemli adımlardan biri; güneş enerjisini yakalayabilen klorofilin ortaya çıkışıyla karşılaştırılabilecek önemde bir adım; canlıların değişime, uyum sağlama ve çeşitlemesinin olasılığını genişleten büyük bir aşamadır.

Bundan sonraki aşama, belki de hücreler hala çorba içinde ve hala tek iken gelişmeyi gerçekleştirmekti; yani hücreler arasındaki temasın daha özel ve güvenilir amaçları olmasını sağlamak. Hücrenin hücreye temasının hala raslantısal bir niteliği olabileceği halde; bazı hücrelerin "derilerinin" birbirini tamamlayıcı bir biçim özelliği nedeniyle başka hücrelere sıkıca yaslanıp birbirlerine yapışması çok olasıdır. Hücre hücreye temasta tamamlayıcı özelliğin doğması, iki açık seçik farklı hücre nüfusunun ortaya çıkması anlamındaydı; sanki biri erkekliğin, diğeri dişiliğin temel özelliğini taşıyan iki hücre türü.

Bakteri Çiftleşmesi

Anlattığımız olayın benzeri, bugün laboratuvarda gözlemlediğimiz bakterilerin cinsel birleşmesidir. Belki de evrimin erken aşamalarında olanların çok benzeri. Belirli bakteri hücreleri erkeklik yani verici özellik, diğerleri dişilik yani alıcı özellikle taşıyorlar. İki cinsin zar yüzeylerinin yapısı birbirini tamamlıyor ve bu yüzden karşılıklı çekiciliği var. Karşı cinslerden hücreler biraraya geldikleri zaman, birbirine dokunan zarlarda bir tünel açılır, böylece hücrelerin içindekiler arasında ilişki sağlanır. Erkek

veya verici bakteri, bundan sonra kendi DNA'sını tünelden dişi veya alıcı bakteriye aktarır. Bu işlem düzenli bir hızla gerçekleşir ve tamamlanması, yani bütün erkek DNA'nın dişi DNA'ya taşınması iki saat kadar zaman alır.

Çoğunlukla birleşme erkek DNA'nın yalnızca bir kısmı dişiye girdikten sonra kendiliğinden kopar. Kalan parça dişinin DNA'sını zedelemeden içinde durmaya devam eder. Laboratuvarda birleşmekte olan eşleri, içine yüzdükleri solüsyonu hızla karıştırarak ayırabiliriz. Böylece insan kaç erkek genin dişiye gireceğini tam olarak denetleyebilir. Belirlenmesi gereken önemli nokta, dişiye aktarılan genlerin onun kendi bilgi deposunun bir parçası haline gelmesidir. Erkek genler eşit koşullarla dişi genlerle birleşirler, daha sonra dişi hücre bölündüğü zaman, yeni hücreler hem erkek hem dişi genlerini içerirler. Sonraki bütün kuşaklarda da bu böylece sürer.

İki cinsin başlangıcı da böyleydi. Bakterilerin çiftleşmesi, seksin amacım açıkça gösteriyor. Değişik iki kaynaktan gelen farklı DNA'ları birleştirebilmektir bu amaç.

Tek Hücrenin Ötesinde Seks

Tek hücre aşamasımn ötesinde organizmaların karmaşıklığı arttıkça, DNA'nın iki hücrenin birbirine yapışmasıyla karıştırılması olanaksız hale geldi. DNA'ları birleştirmek için özel araçlar geliştirmek gerekti.

Amaç yine aynı kaldı: Organizmanın DNA'sını içeren bir tek hücreyi, başka bir organizmanın DNA içeren tek hücresiyle yanyana getirmek. Özel organlar gelişti bunun için: dişide yumurtalıklar, erkekte testisler oluştu. Bu organların herbiri tek hücreler üretmeye başladılar. Bu tek hücreler bakteriye benzer bir yapıya sahiptirler; karşılaştıkları zaman karışabilirler. Böylece DNA'ları da bir tek hücre içinde döllenmiş yumurtada yeni bir karışım yaparlar.

Bütün beden hürcelerimizin birbirinin aynı birer çift DNA içerdiğini ve her çiftteki bir dizinin anneden, bir dizinin de babadan gelen DNA olduğunu hatırlayacaksınız. Eğer sperm ve yumurtanın herbiri, beden hücreleri gibi, anneden ve babadan alınmış iki tam DNA dizisi taşısaydı, birleşmeleriyle tek hücrede tam dört DNA dizisi olacaktı. Bu olanaksız bir durum. Açıkça görülüyor ki beden hücrelerinin içinde bulunan DNA miktarı, DNA sperm veya yumurta olarak paketlenmeden önce yarı yarıya azaltılmak zorunda. Bu çok temel işlem yumurtalık ve testislerde yapılıyor. Buralarda biri anneden biri babadan standart iki dizi DNA içeren hücreler, bu iki diziyi birbirine karıştırarak anadan ve babadan eşit miktarda gen alan

iki yeni DNA haline getiriyorlar. Bu karıştırılmış tek hücre bölündüğü zaman, onu oluşturan DNA'lar ortaya çıkan yeni hücrelerde de yer alıyorlar. İşte bu yeni hücreler erkekte sperm, dişide yumurtadır. Böylece her sperm ve yumurta, içinde sperm veya yumurtayı yapan bireyin anne ve babasından gelen özellikleri karışık olarak taşıyan bir DNA dizisi almış olur. Sonra sperm ve yumurta birleştiklerinde, döllenmiş yumurta hücresi yine iki tam DNA dizisini içerir.

Yaşamın bu temel işlemini anlamak kolay değil. Şekil yardımıyla üzerinden yeniden geçelim, yumurta ve spermin birleşmesinden (döllenmeden) başlayarak:

1. Sperm ve yumurtanın herbiri tam bir gen dizisini içerir.

2. Sperm ve yumurta, içinde anneden tam bir gen dizisi, babadan tam bir gen dizisi bulunan bir döllenmiş yumurtayı oluşturmak için birleşiyorlar.

3. Döllenmiş yumurta bölünüyor ve bu hücre bölünmesi tam bir yetişkin oluşana kadar sürüyor. Milyarlarca hücrenin hepsi döllenmiş yumurtanın sahip olduğu aynı çift gen dizisini taşıyorlar. Her çiftin içinde bir dizi gen anneden, bir dizi gen babadan.

4. Yetişkinin testis veya yumurtalıklarındaki cinsel hücrelerde; a) annenin gen dizisi babanın gen dizisiyle karıştırılır, b) cinsel hücreler, her hücrede bir karışık (ana-baba) gen dizisi olmasını sağlayan özel bir biçimde bölünürler. Bu hücreler gelişerek döngüyü yeniden başlatmaya hazır sperm ve yumurtayı oluştururlar.

Bana öyle geliyor ki yukarda anlattıklarımızı açıklamanın başka bir yolu daha var:

1. Sperm ve yumurtanın iyi karıştırılmış birer deste iskambil kağıdı olsun. Desteler görünüşte kağıtların biçimi ve sayısı olarak aynı ama kağıtların sırası herbirinde baştan sona farklı olsun, kağıtların sırası DNA'daki basamakların (nükleotidlerin) eşdeğeridir.

2. Sperm ve yumurta iki tam ve ayrı desteden oluşan döllenmiş yumurtayı oluşturmak üzere birleşsinler.

3. Tekrarlayan hücre bölünmesi herbiri döllenmiş yumurtadaki iki destenin kopyesi ikişer deste kart içeren milyarlarca hücreye yol açar.

4. Yetişkinin cinsel hücrelerinde:

a) Desteler bir tek 104 iskambil kağıtlık deste yapmak için karıştırılırlar.

b) Bu deste kesilerek tam ikiye ayrılır; cinsel hücreler bölününce her yeni hücrede bir 52'lik deste bulunur.

DNA'yı Karıştırmanın Diğer Yolları

Evrimin DNA karıştırma yöntemlerinden sonra, biz bilim adamlarının DNA birleştirmek amacıyla bulduğumuz teknikler hakkında da bir şeyler söylemek uygun görünüyor. Yeniden birleştirilen (rekombinant) DNA'lar araştırması, üzerinde çalışma yapmak için büyük miktarlarda gen elde etmek amacıyla değişik organizmaların canlı hücrelerinden DNA'ları birleştirmek konusunda yapılır. Bu konu kamunun ilgisini gittikçe daha çok çekmektedir.

Bakteriler, ana DNA parçalarına (kromozomlara) ek olarak plasmid denilen daha küçük bir başka DNA molekülünü de içerirler. Plasmid DNA, düz değil daha çok yuvarlak biçimlidir. Bakteriden içeri veya dışarı oldukça kolay girip çıkabilir. Plasmidlerin bu iki özelliği DNA birleştirme araştırmalarında kullanılmalarına yol açmıştır.

Plasmid belirli bir enzimle karşılaştığı zaman yuvarlağı açılıp düzelir. Aşağıdaki resimde plasmid esas ölçüsünden çok fazla abartılarak gösterilmiştir. Sonra herhangi bir kaynaktan bir parça bildiğimiz düz DNA, açılmış plasmid DNA'yla karıştırılır, iki DNA birleşir. Gerçekte plasmid DNA ve diğer DNA'dan oluşan daha büyük bir yuvarlak oluşur. Eğer diğer DNA parçası diyelim insandan alınmış olsaydı, bir parça olacaktı. DNA'sı içeren bir bakteri plasmidimiz olacaktı. Yeniden birleştirilmiş DNA'yla anlatılmak istenen budur. Böyle üretilmiş bakteri plasmidleri, bakteri hücrelerine tekrar girebilirler ve bu bakteri hücreleri bölünmeyi sürdürür, yeni hücreler arttıkça, "yabancı" genleri olan plasmid de artacaktır.

Bu tekniği kullanan bilim adamının amacı, aslında herhangi bir kimyasal çoğaltma sağlamaya benzer. Çalışmak için belirli genlerden bol miktarda elde etmek gerektir. Birçok biyolog bu yönteme biyoloji araştırmaları için bulunmuş en değerli araçlardan biri gözüyle bakar. Kuşkusuz bu yöntem, embryogenetikteki gen kontrolünde ve kanser araştırmalarındaki sapmış gen kontrolünde, rakipsiz bir anahtar rolü oynayacaktır. Diğer yandan ileride, tıpta kullanılan insülin gibi önemli proteinleri, genler aracılığıyla büyük miktarlarda yaptırabilmemizi de mümkün kılacaktır.

Daha uzak bir olasılık da; bakterilerde üretilmiş insan genlerinin, belirli bazı genlerinde kalıtımsal bozukluk bulunan kişilerde gen-değiştirme tedavisinde kullanılabileceğidir.

Evrim, sonsuz genişleyen "çeşitliliğin" tarihidir. DNA'da sürekli mutasyonlar, DNA'nın sürekli cinsel karışımı bireyler arasında bir sürü farklılık yarattı. Bireysel farklar birikmeye devam ederken cinsel karışım artık yalnızca benzer organizmalar arasında gerçekleşebildi. Böylece, yeni türler ayrı ayrı evrimleşmeye başladılar. Bundan sonra DNA'nın cinsel karışımı yalnızca o türün üyeleri arasında oldu. Bu yolla, her tür kendisi için yararlı olan bir dizi geni koruyabildi ve gittikçe genişleyen fazla genler koleksiyonunun getireceği gereksiz yükü önledi. Ama şunu da unutmayalım ki aynı türün bireyleri arasındaki farklılıklar ve türler arasındaki farklılıklar da aynı temele, DNA değişimine dayanır.

Şimdi, değişimin önemli bir şartını vurgulamalıyız. Boşlukta değişmenin anlamı yoktur. Değişen bir organizmanın başarısı ve başarısızlığı, çevrenin değişmeyi nasıl karşıladığına göre ölçülebilir. Çevre biyolojik değişimin sonucunu yargılar. Bundan sonraki bölümde; mutasyonu, seksi ve doğal seçmeyi, evrim resmini tamamlamak için biraraya toplayacağız.

VI. BÖLÜM

Doğal Seçme

Aynı yaşta ve aynı derecede sağlıklı, biri şişman biri zayıf iki insan kuzey Atlantik denizinde sandaldan suya düşseler, şişman insanın yeniden karayı görmesi olasılığı daha kuvvetlidir. Bunun iki nedeni vardır. Birincisi; balinalar, fok balıkları ve benzerlerinde de gördüğümüz gibi yağ soğuğa karşı çok iyi bir yalıtımdır. İkincisi, yağ sudan hafif olduğu için şişmanın su yüzünde durmasını kolaylaştırır.

Bundan alınacak ders, bir organizmanın belli özelliklerinin değeri veya yararlılığı ancak kendisinin içinde bulunduğu çevreyle bağıntılı olarak değerlendirilebilir. Çok yağ yükü taşımak birçok durumda kötü sayılsa da şişman biri Kuzey Atlantik'te denize düşerse, deniz şişmanlığın değerini yargılayacaktır. Atlantiğin vereceği hüküm şişmanlığın bu durumda yaşamı sürdürmek için iyi bir özellik olduğudur.

Çevre ve Değişme

Şişman ve zayıf denizciler örneği, anlatmak istediğim noktayı dramatize etmeme yardımcı oldu. Ama aslında değişim ve çevre arasındaki ilişkinin candamarını bulmak için bireyler yerine, kuşaklar boyunca canlı nüfusları ve bunların yavrularını gözönüne almalıyız. Belirli bir çevrede yaşayan anababa, değişmiş bir DNA'yı çocuklarına geçirirlerse o çocuklar, onların çocukları ve bütün izleyen kuşaklar; 1) anababa benzeri, 2) anababadan daha iyi, 3) anababadan daha kötü bir yaşam sürebileceklerdir. Bu üç durum bölünen hücrelerle daha şematik olarak gösterilmiştir.

Prensip olarak, DNA'daki değişmenin başarısını ölçmek kolaydır: Değişme görüldükten sonra birkaç kuşakta yaşayan bireyleri sayın; eğer yeni bireylerin sayısı, değişme zamanındaki bireylerin toplam sayısını geçiyorsa, DNA'daki özgün değişme yararlı veya başarılı, eğer organizmaların sayısı azalmışsa değişme zararlı olmuştur.

Benzer düşünceler, türler ve organizma nüfusları mutlu yaşayıp giderken çevre koşullarında değişmeler olunca da akla gelir. Türün yavru yapma yeteneği artacak veya azalacaktır. İkinci durumda, yavaş yavaş yokolma, ancak DNA'da başka bir değişme olup yeni çevrede daha iyi üremeye yol açan bir farklılık gelişirse önlenebilir.

Değişme ve doğal seçme arasındaki bu basit ilişkilerin altında evrimin anahtarı yatar. Değişen protein demektir; değişen protein değişen organizmaya yol açar. Yeni organizma, içine doğduğu çevreyi kendisi seçmemiştir. Kendilerinin ve yavrularının daha iyi koşullarda yaşamasına neden olacak değişimlere uğramış organizmalar çoğalırlar; dezavantajlar değişimlere uğrayanlarsa ölüp gitmeye eğilimlidirler. Doğal çevre, iyi dayanabilme yeteneğini organizmalar yararına, dayanamayanların ise zararına olarak, seçme yapar.

Evrimsel başarının veya başarısızlığın, hiçbir zaman anında veya tek organizma örnekleri üzerinde ölçülemeyeceğini biliyoruz. kuzey Atlantik'te denize düşen arkadaşlarımız için de durum aynı. Ölçme ancak büyük nüfuslar ve birçok kuşaklar incelenerek yapılabilir.

Çevre, türlerin yavru yapma yeteneği üzerine etki yapar. Üreme oranı, çevreye uyum ve evrimsel başarının kritik göstergesidir.

Raslantı

Raslantının evrimi de temelden etkilediğini gözden kaçırmayın. DNA'nın mutasyonla nasıl değişeceği raslantıya dayanan bir konudur. Bir anabananın hangi özelliklerinin DNA'nın cinsel karışımı sonucu yavruda ortaya çıkacağı da bir raslantı konusudur. Birleşecek çiftleri karşılaşması da öyle. Ve çevrenin değişen organizmalar arasında yapabileceği doğal seçme de raslantının elindedir. Kısaca, yaşamın kökleri raslantının derinliklerinde gömülüdür diyebiliriz.

Şişeler Örneğine Yeniden Bakış

Birinci bölümdeki kıyıya vuran şişeleri anımsıyor musunuz? Gelin yeniden şişeleri organizmalar gibi düşünelim. Şişenin kaderini değiştiren

raslantısal olay, bir şişe "mutasyonu"da diyebilirsiniz isterseniz, kapağın bilinçsizce yeniden yerine yerleştirilmesidir. Etkin çevre ise, içine kapaklı kapaksız birçok şişenin atıldığı deniz. Deniz seçmeyi yapınca, kapaksız şişeler dibi boylarlar; kapaklı şişeler kıyıya vurana kadar deniz üstünde yüzüp kurtulmayı başarırırlar.

Şimdi, değişme ve doğal seçme örneği olarak şişeleri seçmenin bir yanlışlık olduğunu görebiliriz. Çünkü şişeler türlerini sürdürmek için üreyemezler. Bu öykü, bir iki cinsel yönden aktif şişeye kapak takılsaydı ve kapaksız şişelerle birlikte denize atılsalardı daha iyi bir örnek olacaktı. Böylece şişeler hala üreyebilme olanakları varken kıyıya ulaşabileceklerdi. Çiftleşecekler, çocukları, torunları olacak ve bu böyle sürüp giderken, kıyıda gittikçe gelişen bir kapaklı şişeler topluluğu oluşacaktı.

Şişelere cinsellik vermişken, şişe evrimini bir adım daha ileri götürebiliriz. Diyelim kıyımız bir zaman geçtikten sonra taşlı hale geliyor, öyleki her yükselen alçalan gel-gitle şişeler kıyıya çarpıyorlar. Kalın cam şişeler bu duruma dayanabilecek, ama ince şişeler kıyıya çarptıkça kırılacaklardır. Kalın şişeler kadar, okyanusta batmaya karşı koyabilen ince şişelerinde şimdi açık seçik bir dezavantajı var. Bazıları birkaç yavru yapmayı başaracaklar ama çoğu yapamayacak. Yavrular daha büyük bir taş tehlikesiyle karşılaşacaklar ve kısa zamanda ölecekler. Birkaç kuşak sonra, kıyıda yalnızca kalın şişelerden oluşan bir yığın görülecek.

Pervaneler

Bir zaman önce İngiltere'de Birmingham'da bir çeşit beyaz pervane yaşıyordu. Bu pervaneler, beyaz kabuklu kayın ağaçlarıyla beslenip, onların üzerinde göze çarpmayan renkleriyle pervane yiyerek geçinen kuşlardan gizlenebiliyorlardı.

Yıllar geçtikçe Birmingham büyük ölçüde endüstrileşti. Havadaki is zamanla ağaçları kararttı. Böylece beyaz pervaneler göze görünür oldular. Kararmış ağaç kabukları üzerinde kuşların gelip onları yemelerini bekler gibi oturuyorlardı. Sonuç olarak, nesiller geçtikçe pervane nüfusu tükenecek kadar azaldı.

Bu dönem süresince, zaman zaman koyu gri pervanelere rastlanmaya başlandı. Ağaçların gri kabukları üzerinde bunların çok iyi gizlenme olanağı vardı.

Sayıları hızla arttı ve sonunda bu yeni pervanelere bölgede bolca rastlanmaya başlandı.

Bu öykü, çevre ve organizma arasında oynanan oyunu çok güzel anlatıyor. Koyu renk ağaç kabukları ve böcek yiyen kuşlar, açık renk pervanelerin aleyhine doğal seçme yapan bir çevre oluşturuyorlar, nüfuslarının yok olmasına neden oluyorlardı. Bu sırada ortaya çıkan raslantısal bir mutasyon, koyu renk pervanenin oluşumuna yol açtı. Daha önceleri, ağaçlar açık renk iken böyle bir mutasyon zararlı olacaktı, oysa şimdi yararlı oluyor. Koyu renk pervaneler barış içinde çiftleşip üreyebiliyorlar.

Başka bir deyişle kendileri ve onları izleyen kuşaklar gelişiyorlar. Değişen çevrenin ve geçmişindeki raslantısal mutasyonların, toplam etkisi nüfusunun karakterine tam bir değişmeye neden oldu.

Bakterilerde Mutasyon

Bakteriler, evrimsel değişmeyi (doğal seçmeyi) incelemek için çok uygun deney modelleridirler. Hepsi safkandır, nüfusun bütün bireyleri birbirinin aynıdır, çünkü hepsi aynı bakteriden üremişlerdir. Her yarım saatte bir yeni bir kuşak doğar, böylece kuşaklar üzerinde nüfus durumunu makul bir süre içinde izleyebilirsiniz.

Şimdi isterseniz, laboratuvarda bir cam kavanoz içindeki bakterilere Birmingham'ın pervanelere yaptığına yakın bir şey yapalım, uygun olmayan bir çevre yaratalım. Kavanozdaki sıvıya bir damla antibiyotik streptomisin ekleyelim.

Bu bakteriler için felakettir. Çünkü bu, ilaç onlar için ölüm demektir. Büyüme çok geçmeden yavaşça durur ve hücreler ölmeye başlarlar. Bir iki saat içinde bütün hücreler ölmüş gibidir.

Canlı hücre kalıp kalmadığını anlamak için bir test yapabiliriz. Milyonlarca ölü hücre içinde yaşayan bir iki hücre olduğunu görürüz. (diyelim on taneden az). Dahası, bu ender canlı hücrelerin streptomisinin varlığına rağmen çok iyi üreyebildiklerini gösterebiliriz.

İlaçtan hiç rahatsız olmadan, Streptomisine dayanıklık özelliğini aktararak ürüyorlar. Tek tük yaşamını sürdürebilen bakteriden çoğalan bütün gelecek kuşaklar, bu ilaca dayanıklılık özelliğini kalıtımla alırlar. Bu olayın açıklaması nedir? Son derece büyük bakteri nüfusu içinde (milyonlarca hücre) bir şansımız var; belki de on milyonda bir hücrenin

kendisini streptomisin varken veya yokken ortaya çıkabilir, çünkü DNA içinde tümüyle raslantısal bir değişmedir bu. Eğer streptomisin olmasaydı, bu mutasyonun oluştuğunu bilmeyecektik. Streptomisinin varlığıyla, dayanıklı organizmalar seçildiler, çünkü bu organizmaların avantajları vardı. Streptomisine dayanıklı hücreler, bundan sonra kalabalık bir nüfus oluşturana kadar bölünmeyi sürdürdüler. Yararlı mutasyon geçirmemiş ilk bakteriler, yaşamı o belirli çevrede sürdürecek olanakları olmadığı için ölüp giderler. Temelinde, bu öykü de pervanelerinkine benziyor.

Çorbaya Geri Dönelim

İkinci bölümde, yeryüzündeki ilk hücreden üreyenlerin içinde doğdukları zengin çorbayı oburca tüketmelerine bir göz atmıştık. Şimdi de bir organizmanın besin tüketme yeteneğinin (besin alıp, şeker gibi bileşiklerden enerji üretmek anlamında) özel enzimlere nasıl bağımlı olduğunu resmimize işleyeceğiz. Hücrelerdeki enzimler olmasaydı, şeker kullanılamazdı. Biz de bağırsaklarımızdaki enzimler olmasaydı buna benzer bir durumla karşılaşacaktık; elimizin altında besin maddeleri bulunduğu halde, onları bedenimize alıp yakamayacaktık. Yeryüzündeki ilk hücrenin çorbada bir veya daha çok şeker benzeri kimyasal maddeyi kullanma yeteneği vardı, ama çorbada mevcut bütün kimyasal madde türlerini tüketemeyeceğini düşünmemiz akla yakın. Böylece kullanabileceği cinsten bütün maddeleri bitirdikten sonra, "askıya alınmış canlılık durumunda" bekleyecekti. Bugünkü bakteriler besin olarak gereksindikleri kimyasal maddeler tükenince aynı şeyi yapıyorlar; yalnızca durup bekliyorlar. Çorbanın içinde bekleşen milyarlarca hücrenin arasında, uzun dönemler sonunda raslantısal mutasyonlar görülebilirdi. Bu mutasyonlardan bazıları, bir organizmaya başka bir kimyasal maddeyi kullanabilme yeteneği kazandırınca da organizma yeniden üremeye başlayabilirdi. Bu yolla çorba, en sonunda içinde durmadan artan çeşitli canlı organizmalar tarafından tüketilecekti.

Vahşi Doğada Evrim

Şimdiye kadar üzerinde durduğumuz örneklere, evcilleşmiş evrimden örnekler denebilir. Nüfusta "tek" bir değişme ve bu değişmenin lehine veya aleyhine doğal seçme arasında çok açık bir ilişki vardır. Laboratuvarda kullandığımız yaratıklar çoğunlukla safkan üreyenlerdir, yani genetik olarak aynı, en azından bir mutasyon belirene kadar her birey aynıdır bu deneylerde.

Etrafımızdaki doğal dünyada aynı prensipler geçerliyse de, durum daha karışıktır. Safkan yavruları doğada nadiren görürüz. Aslında Darwin'i şaşırtan, onun dikkatini çeken ve bizi de etrafımıza baktıkça şaşırtacak olan, canlı varlıkların çok büyük çeşitliliğidir. Yalnızca değişik türden yaratıkların çeşitliliği değil, türlerin kendi içlerindeki çeşitliliği de. Türler içinde ölçmek için ele alınan hemen hemen her özellik, büyük çeşitlilik gösterecektir. Yalnızca insan türüne baksak, hepimiz insan olsak da birbirimizden çok farklıyız. Hayvanlar için de aynı durum söz konusu; kürkün kalınlığı, koşma ve tırmanma hızı, dişlerin uzunluğu ve keskinliği, uzunluk, ağırlık, güçlülük, görme, işitme, karşı cinse karşı çekicilik, bunların hepsi bireyden bireye çok farklılık gösterir.

Safkan bir fare kuşağında bu özellikler dizisini ölçerseniz bir farklılık bulamazsınız. Bütün hayvanlar birbirinin aynıdır.

Çeşitlilik evrimin işlemesine olanak sağlar. Darwin ve Wallace, çeşitliliğin nedenini bilmedikleri halde (DNA'nın mutasyonu ve cinsel karışımı), önemini kavrayıp teorilerini bunun üzerine kurdular. Şimdi herhangi bir canlı toplumunun, gelişme tarihinin herhangi bir zamanında, DNA'sı içinde çok büyük sayıda birikmiş değişme taşıdığı düşüncesini kavramaya çalışmalısınız.

Canlı toplum, gerçekte, bütün geçmiş DNA değişikliklerinin ve çevrenin yaptığı bütün geçmiş etkilerin deposudur. Bu, topluluk içindeki bireylerin büyük çeşitliliğinin nedenidir. Doğal seçme işte bu çeşitliliği kullanarak topluluğun daha çok gelişmesini sağlar.

İsterseniz yalnızca bir değişken alalım, örneğin koşma yeteneğini düşünelim. Açık havada bir düzlükte, büyük bir geviş getirenler sürüsü içinde, saptayabileceğimiz en yüksek hızlar geniş bir farklılık gösterebilir. Kıyıda köşede gizlenip bekleşen bir sürü aslan varsa, en hızlı koşanın yaşamını sürdürme ve üremede daha çok şansı olacaktır. Böylece, kuşaklar sonra çevrenin kazandırdığı dengeyle, sürü hızlı koşanlar bakımından zenginleşecek, sürünün hızı artacaktır.

Siz de birtakım özelliklerin ortaya çıkışında etkili olan benzer güçleri gözleyebilirsiniz:

Çevrede Değişiklik - Doğal Olarak Seçilen Özellik

Ormandan düzlüğe - İyi koşan bacaklar

Düzlükte yırtıcı hayvanların ortaya çıkışı - Daha iyi koşan bacaklar

Orman tabanından ağaçlara - Daha iyi kavrayan kollar

Yerden havaya - Daha hafif kemikler, daha uzun kollar ve tüyler

Sıcaktan soğuğa - Kürk, ter gözenekleri

Et yemekten ot yemeğe - Kısa otlama dişleri

Evrimin Amacı Var mı?

Evrimi anlamanın zorluklarından biri, insana nedeni var gibi görünen değişmelerin aslında evrim sürecinde yalnızca raslantıya dayanan olaylar olmalarıdır. Örneğin daha küçük hayvanların bol olduğu bir çevrede, ot yiyen bir türün gittikçe et çiğnemeye yarayan dişler geliştirmesi görülüyorsa, bu değişme anlaşılabilir: Yaşamı sürdürecek olanlar, öbür hayvanları yemek zorundadırlar ve et çiğneyen dişler bu olanağı sağlayacaktır. Burada, çevrenin hayvanları kendi yararlarına değişme yapmaya yönlendiriyormuş gibi bir amacı olduğu düşünülebilir. Bunu destekleyen bir düşünce biçimini savunan T.D. Lysenko, Stalin ve Kruşçev, bütün Sovyetler Birliği'ni neredeyse otuz yıl süren bir komik operaya sürüklediler. Bir çevrenin bir hayvan nüfusuna değişim öğretmesini sağlayan, düşünülebileceğimiz hiç bir yöntem olmaması yanında olaylar da bu şekilde gelişmez. Daha ziyade, bir hayvan nüfusu diş biçimi ve büyüklüğü bakımından raslantısal değişimler sonucu büyük bir çeşitliliğe rakip oluyor.

Nesil tekerleğinin her dönüşüyle, diğer hayvanları öldürebilecek ve etlerini çiğneyebilecek diş yapısı olanlar, diğerlerine göre, yaşamı sürdürme ve yavru yapma açısından daha şanslı oluyorlar. Yavaş yavaş kuşaklar boyu süren doğal seçmeden sonra, et yiyen hayvan türü gelişecektir. Bu işlem tamamen amaçtan yoksundur.

Seçme kelimesi, belki de burada yanlış anlamaya neden oluyor, çünkü amacı da çağrıştırıyor. Çevre, tabii ki tümüyle pasiftir. İyi veya kötü değişmelerin ortaya çıkmasına neden olmaz. Değişmeler kendiliğinden belirir (mutasyonla ve cinsel karışımla) ve bir defa gerçekleştikten sonra bir hayvana çevreye daha iyi uyma şansı verebilir.

Bir an için dönüp pervaneler örneğine bakın. Büyük bir beyaz pervane nüfusu içinde yer yer gri pervanelerin bulunması, tümüyle raslantısal bir olaydır ve gri renge olan "gereksinimden" bağımsızdır. Olay, gri ağaçlar döneminde görülebildiği sıklıkta, beyaz ağaçlar döneminde de ortaya çıkabilirdi. Ağaçlar, griliğe yönelten bir mutasyonun belirmesini

desteklemiyorlar. Yine de aynı raslantı gri ağaç döneminde olursa, gri pervanelerin yaşamlarını sürdürüp yavru yapmaları olanağı artıyor.

Koyu renk ağaçlardaki kuşların düşman olduğu pervanelerin durumu, düzlükte arslan tehlikesi altındaki hızlı koşucunun durumuyla aynıdır. Bu basit ilişkiyi gördüyseniz, Darwin ve Wallace'nin yeryüzündeki yaşamın geniş çeşitliliğinin verdiği ilhamla buldukları evrim prensiplerini kavradınız demektir.

İnsanlarda Mutasyon ve Doğal Seçme

İnsanlar daha basit canlı biçimlerinden, mutasyon ve cinsel karışımla evrimleştiler; tıpkı bakteri ve pervanelerde olduğu gibi. Şimdi bile işleyen olgunun bazı yönlerini görebiliriz. İnsanlarda bazı mutasyonlar, bedende önemli bir işlevi olan bir proteinin değişmesinin neden olduğu bir hastalık biçiminde ortaya çıkabiliyor. Proteinin işlevini yerine getirmeyi başaramaması bir hastalık nedeni olabiliyor. Bugün bu nedenle oluştuğu bilinen bir sürü genetik hastalık var; herbirinde değişik bir protein, çoğunlukla bir enzim iyi işlemiyor. Daha önce sözü geçen orak gözeli kansızlık (bölüm V) örnek gösterilebilir. BuradaDNA'daki bir mutasyonel değişim, değişik hemoglobin moleküllerinin üretimine yol açıyor. Değişmiş hemoglobin molekülleri, içinde taşındıkları kırmızı kan hücrelerinin (alyuvarların) biçimini değiştirip hastalığa neden oluyorlar.

Bu hastalık üzerine söyleyecek iyi şeyler pek yok. Ancak, Afrika'da sıtmanın yaygın olduğu yerlerde yaşayan orak gözeli kansızlık kurbanları, hastalıkları sayesinde sıtmaya karşı korunmuş durumdalar! Sıtmaya, alyuvarlara yerleşip hastalık yapan bir asalak neden olur. Bu asalaklar, orak biçimli hücrelerden hoşlanmazlar, onun yerine daha sağlıklı kurbanları yeğlerler.

Orak gözeli kansızlık ve sıtma arasındaki bu ilişki yine değişen organizma (bu örnekte insan) ve çevresi arasındaki ilişkinin belirgin bir örneğini gösteriyor. Orak gözeli kansızlık hastalarının evrimsel dezavantajları olsa da, bir sıtma ülkesinde sıtma yüzünden daha çok hasta olanlara göre avantajlı durumda sayılabilirler.

Türlerin Çeşitliliği

Nereye baksak bir canlı türünü, yaşamını sürdürebilmek için çok yoğun şekilde uğraşırken bulabiliriz. Bir avuç toprakta veya suda, her yükseklikte ve derinlikte, sıcak su kaynaklarında veya donmuş tundralarda, okyanusta

veya havada, kupkuru çölde veya muson ormanlarında; evrim, akla gelebilecek (hatta gelemeyecek) her canlı türüne bir yer bulmuş görünür. Duyuların her biçimi, yemek, hareket, iletişim, sevmek, dövüşmek, korumak, üremek, bunların hepsi evrimin hizmetindedir. Ve bugün yeryüzünde gördüklerimiz daha önce yaşayıp tümüyle yok olmuş canlı yaratıkların çeşitliliğinin yalnızca ufacık bir bölümüdür. Hep bildiğimiz o koca dinazor iskeletleri, binlerce milyon yıl sürmüş doğum-yaşam-yenilme-yokolma çemberinde eriyip gitmiş türlerden bize kalan anıtlardır.

Değişme ve doğal seçme bütün bu karmaşıklığı ve çeşitliliği açıklayabilir mi? Herşeyin nasıl geliştiği ayrıntılı olarak bilemeyiz, yalnızca prensip olarak değişme ve doğal seçme arasındaki bu karşılıklı etkileşimin durmadan genişleyen karmaşıklığa yol açabileceğini gördüğümüzü söyleyebiliriz. Organizmalara fazladan yaşamı sürdürebilme kapasitesi sağlayan değişmeler, yaşama şansını artırırlar. Yeterli zaman oldukça herşey denenecektir.

Yalnız bir şeyden emin olabiliriz, iki veya üç milyar yıl önce yaşayıp geleceği görmeye çalışsaydık, herhalde olacakları önceden bilemezdik; kimse, insanları veya diğer canlı türlerini gözünün önüne getiremezdi. Neden? Çünkü, evrimde her adım raslantıya dayanan bir olaydır, bu nedenle önceden bilinemez. İnsanlar dahil bütün canlı yaratıklar, son derece raslantısal olayların ürünüdür. Denebilir ki insanlar olarak bugün kendimizi tanıdığımız biçimimiz, son derece ender bir raslantıdır! Başka bir deyişle evrim, aynı koşullarla aynı yeryüzünde yeniden başlasaydı insanların yeniden oluşmaları şansı, sonsuz küçüklükte olacaktı. Bu olgulara bağlı olarak ve aynı akıl yürütme temelinde, denebilir ki evrende bir yerlerde bize benzeyen yaratıkların varolması olasılığı çok küçüktür. Evrende yaşam olasılığı büyük ama bizimkine benzer bir yaşam olasılığı çok küçük.

Değişme ve doğal seleksiyonun, insan varlığını açıklamak için "yeterli" olduğunu söyleyerek bitiriyoruz. Bilim her zaman yeterli ve basit açıklamaları sever. Nereye baksak bir canlı türünü, yaşamını sürdürebilmek

VII. BÖLÜM

Embryogenesis

Biyolojinin bütün problemleri arasında en büyüleyici ve en zor olanı embryogenesis yani embryonun yaratılmasıdır. Embryogenesis; tek hücrenin, döllenmiş yumurtanın, hedef aldığı çok hücreli karmaşık organizmaya ulaşırken attığı adımlarla ilgilidir. Bu hedef bütün ince ayrıntılarıyla, gelişme olayının orkestrasyonu üzerine talimatları içeren, DNA'da yazılıdır. Bu harikulade işin nasıl olduğunu henüz anlayamamış olduğumuzu hemen söyleyebilirim, ama en azından çevresinde araştırmalar yapıyoruz.

Hücreler Birbirine Yapışır ve Uzmanlaşır

Döllenmiş bir yumurta, diğer daha basit tek hücreli yaratıklar gibi yaşamına iki ayrı hücre oluşturmak için bölünerek başlar; bu iki hücre bölünüp dört olur ve bu böyle sürüp gider. Tek hücreli yaratıkları gözlemleyerek, her bölünmeden sonra hücrelerin ayrılacağını umuyoruz. Ama döllenmiş yumurtadan üreyenler ayrılmıyorlar, toplumsal bu girişime katıldıklarını bilirlermiş gibi birbirlerine sıkıca yapışıyorlar. Kısa bir süre sonra başka birşey açığa çıkıyor. Hücreler birbirlerine benzemeyen ve değişik davranan gruplar oluşturuyorlar. Hücre grupları artık uzmanlaşmaktadırlar. Her grup belirli sayıda özel görevleri yapmakla yükümlüdür. Uzmanlaşma işinin geriye dönüşü yoktur.

Erken embryogenesisin iki özelliği, hücre yapışması ve hücre uzmanlaşması. Bunlar gelişme işleminin temelinde yatıyorlar.

Değişkenliğin Kökeni

Şimdiye kadar organizmaların nasıl uzun zaman geçtikçe giderek farklılaştığını belirleyen ve bütün canlı yaratıklar için geçerli yasaları öğreniyorduk. Bütün canlı yaratıklar kendilerini oluşturan bilgiyi DNA'da biriktirirler, DNA'yı mesajcı RNA'ya kopya ederler, mesajcı RNA'yı proteine "tercüme ederler". Dahası, DNA'nın mutasyonla veya cinsel karışımla değişmesi proteinlerin kalıcı değişimine neden olur. Böylece organizmalar arasında gittikçe artan farklılıklar ortaya çıkar ve sonunda yeni türler doğar.

Bazı bakımlardan embryogenesis, evriminin, kısa bir zaman aralığında ve mikrokosmosta tekrarı gibidir. Hayvan embryosunun gelişmesini değişik aşamalardan geçerken gözlemleyelim. Embryo, erişmesi beklenen yetişkin yaratığa benzemeden önce balığa benzer. Balığa benzerlik yalnız görünüşte değildir; erken embryo oksijen ve besini göbek bağı yoluyla annesinden alır, ama gereksinimi olmadığı halde su altında nefes almaya yarayan solungaçlara da sahiptir. Açıkçası embryonun evrimsel gelişmenin bir aşamasını yinelemesi için görünürde hiçbir neden yok.

Ama embryogenesis süresince farklılık nasıl doğar, hücreler deri hücresi, kas hücresi, sinir hücresi olmaya ne zaman karar verirler diye sorsak, doğa boş bakışlarla cevap verir bize; hücrelerdeki bilgi işleminin evrensel mekanizması üzerine bir sürü şey öğrenmemize izin verdi, ama sıra hücreleri birbirinden farklı yapan nedenlere gelince bilgisizlik içinde oturuyoruz. Bazı bilim adamları embryogenesisin derinliklerine dalabilmek için tümüyle yeni kavramlara ve yöntemlere gereksinimimiz olduğuna inanıyorlar. Bunun böyle olduğundan kuşkuluyum. Yalnızca, hücreleri değişik yapan nedenler şimdiye kadar bulduklarımızdan daha karışığa benziyor.

Tıbbın Embryogenesisle İlgisi

Tıp bilimi için embryogenesisin anlaşılması önemlidir. Tıp adamlarının ilgilerini başka hiç bir olaya benzemeyen ölçüde bileyen, yalnızca bir tek hücrenin tam bir bireye dönüşebilmesi değil. Tıbbın; hamilelik, doğum kontrolu, çocuk ölümleri, doğuştan itibaren görülen hastalıklar, kalıtım hastalıkları ve kanser gibi problemlerin daha iyi denetlenmesi üzerine araştırmalarıyla da ilişkili. Bilim adamlarının embryogenesisin anlaşılmasının çok sayıdaki tıbbi probleme ışık tutacağı beklentileri var.

Hücrelerin Yapışkanlığı Üzerine Birkaç Söz Daha

Döllenmiş yumurta bölünmeye başladıktan sonra, hücrelerin birbirinden ayrılmayıp yapıştıklarından söz etmiştim. Yapışmalarını ne sağlıyor? İnsanın aklına bir yapışkan maddenin varlığı geliyor, ama gerçekte yapışkanlığı sağlayan bir madde değildir. Daha çok hücrelerin yüzeylerinde girintiler, çıkıntılar varmış gibi görünüyor (diğer hücrelerin çengellerine geçebilen ufacık çengeller). Hücrenin DNA'sı, gerçekte protein-yapan makineye, hücrenin dışına doğru göçedip orada girintili çıkıntılı bir yüzüyde çengel gibi davranacak belirli özel proteinler yapması talimatını vermiştir. Hücreler, bedenin değişik kısımlarını oluşturmak için uzmanlaşırken, yüzey protein çengelleri de amaca göre biçimlenirler. Bunlarla hücre tipleri birbirinden ayırdedilir.

Embryogenesis İçin Enerji

Şimdi bütün yapım işlerinde enerjinin gerekliliğine tümüyle duyarlı hale gelmiş olmalısınız. Hücrelerinin yakıp ATP üretebilmesi için gelişmekte olan embryoya şeker verilmelidir. Balıklarda, sürüngenlerde, kuşlarda ve embryonun bir yumurta içinde büyüdüğü diğer yaratıklarda, yumurtanın sarısı embryonun besinini sağlar. Annelerinin rahminde büyüyen hayvanlarda başka bir araç kullanılır.

Anne rahminin iç duvarıyla embryo arasındaki plasenta denen tabaka embryo ile aynı hızla büyür. Plasenta, annenin kanıyla gelişen embryonun kanının karşılaştığı yerdir. Annenin yediği besini getiren kan burada embryonun kanına karışır. Yapım projesi için enerji böylece sağlanır.

Bütün Hücrelere Aynı Bilgi Dağılmıştır

Döllenmiş yumurta, anneden ve babadan aldığı tam büyüklükteki DNA ile yaşama başlar. Bölündükçe, yeni gelen her hücre kuşağı yetişkinliğe ulaşana kadar aynı büyüklükte DNA alır. Sonunda 60 trilyon hücreden oluşan bir insanda, 60 trilyon birbirinin aynısı DNA kopyası bulunur! Bedenin her hücresinde, tamamen aynı bilgi bulunur. Yalnız üreme hücreleri diğer hücrelerin yarısı kadar DNA içerirler.

Gen İfadesinin Denetlenmesi

Embryogenesisin sırrının DNA'nın genlerinin ifadelerinin hücreler tarafından nasıl kontrol edildiğinin bilinmesinde gizli olduğu görülüyor. Bir yetişkini yaratmak için gerekli bütün bilgi hücrededir. Gelişen embryonun her hücresinin içinin derinliklerini gözlemleyebilseydik, bazı şeylerin oluşumunu izleyebilecektik.

Enzimler, döllenmiş yumurtanın DNA'sının genlerinin bazılarını mesajcı RNA'ya kopya etmeye başlayacaklardı. Mesajcı RNA'lar, daha en başta yumurtanın içinde bulunan, embryoda etkin olan ribosomlara gideceklerdi ve burada gerekli proteinlerin sentezi başlayacaktı. Döllenmiş yumurta, reçetesinde yazılı proteinlerin tümünü biraz daha ribosomla birlikte toparladıktan sonra (ve DNA'sını iki katına çıkardıktan sonra) bölünecekti. Sonuçta oluşan hücre çiftlerinde, şimdi yeni bir tam ölçü DNA, yeni ribosomlar ve yeni herşey bulunacaktı. Kendisinden doğdukları hücrenin tümüyle tıpkısı olacaklardı. Protein sentezi işlemi ve yeni hücre yapımı kendi kendisini, yineleyerek, hücre sayısı dört hücreye ulaştırılacak, sekiz hücreye çıkmak için yeniden... Kısacası bunun böylece sürüp gittiğini görecektik.

Buraya kadar işlem, bölünen bakteride sürüp gidenin hemen hemen aynı. Her kuşak hücre kendisinden öncekinin aynen yinelenmesi. DNA-mesajcı RNA- proteinler-hücre bölünmesi. Fakat uzmanlaşma başladığı zaman, yeni birşeyler katılıyor olmalı. Eğer üreyecek hücrelerin bir grubu deri, diğeri kas, bir başkası beyin vb. olacaksa, DNA gerekli yönlendirmeyi sağlamalıdır. Yalnızca hücreler arasındaki sürekli artan farklılığı değil, aynı zamanda farklılığın ne zaman başlayacağını belirlemelidir.

Gelişen hücre topluluğu içindeki her bir hücrede tamı tamına aynı ölçüde DNA bulunur. O zaman hücreler nasıl farklı olabilirler?

Birincisi şunu hatırlayalım, deri hücresi, kas hücresi, beyin hücresi olsun, belli bir hücrenin karakterini, yaptığı proteinler belirler. Örneğin deri hücreleri, keratin denilen özel bir protein yönünden zengindirler (deriye bizi koruyan özel yeteneğini veren protein). Kas hücreleri myosin denilen bir proteinle sarılmıştır. Bu proteinin özel yeteneği, bir eş proteinle etkileşip uzunluğunu değiştirebilmesidir. Böylece kas liflerinin kasılmasına yol açarlar. Beyin hücreleri elektrik güçler iletmeye yardımcı proteinler içerirler. Diğer bütün uzmanlaşmış dokuların hücreleri, hücrenin özel karakterini belirleyen kendilerine özgü proteinleri üreteceklerdir.

Böylece bazı hücreler deri hücreleri olarak amaçlarını gerçekleştirmek için keratin üretmeye; diğerleri kas hücresi olabilmek için myosin üretmeye başlayacaklardır. Aslında, bütün hücrelerdeki DNA'larda keratin için bir gen, myosin için diğer bir gen bulunur.

Genler orada hazır bekliyorlar. Öyle görünüyor ki deri hücrelerinde keratin yapılması ifade edilirken, myosin baskı altına alınmak zorunda.

Diğer yandan, kas hücrelerinde myosin ifade edilmeli ve keratin geni bastırılmalıdır. Yani, deri hücrelerindeki keratin geni, keratin mesajcı RNA'sı olarak okunuyor. Ribosoma gidiyor orada keratin proteinine çevriliyor. Bütün bunlar gerçekleştikten sonra hücre deri hücresi haline geliyor.

DNA, embryo gelişimi sürerken, programlı bir sıralama ile genlerini her birinin sırası geldikçe ifade edip bastırabilmelidir. Belli türden bir hücre oluşumu yüzlerce protein gerektirir, yani bu hücrelerde bir çok gen ifade edilirken daha çoğu da (başka hücrelerin proteinlerini kodlayan genler) bastırılır.

Gerçekten dikkate değer bir durum! DNA bütün genlerle birlikte, bu genlerin ne zaman işe koşulacağını ne zaman bastırılacağını da biliyor.

Klonlar

Klon, tek hücreden üremiş hücreler topluluğudur. İlkel kardeşlerimiz bakteriler, sürekli klonlar oluştururlar. Bir bakteri hücresini bir tabak yiyeceğin üzerine koyarsak, hemen bölünüp iki hücre, bu iki hücre bölünüp dört hücre olur ve bu böyle sürüp gider. İki gün içinde bakteri kütlesi çıplak gözle görülebilir hale gelir. Bu kütle bir klondur; bir tek orijinal hücreden üremiş milyonlarca yavru hücreden oluşur. Bu klondan bir tek yeni hücre alıp yine bir tabak yiyeceğin üzerine yerleştirirsek, birincisinde olduğu gibi bir klon oluşana kadar bölünecektir.

Klon oluşturmak bakteri için oldukça kolay bir iştir, çünkü bütün hücreler birbirinin aynıdır. Daha gelişmiş bir organizmadan klon yapmak çok daha karmaşıktır. Ama teorik olarak mümkündür. Yaratıkların her hücresinde aynı DNA bulunduğuna göre ve bu DNA herşeyiyle tam bir bireyi oluşturmak için gerekli bilgiyi taşıdığına göre, tamamen teorik planda; herhangi bir hayvandan bir hücre alıp onu bir kap besinin üzerine veya beslenebileceği başka bir ortama koysak ve tam bir hayvan organizmasını üretmesini sağlasak, aslının kusursuz bir kopyasını geliştirmek için gerekli bütün bilgi, o tek hücrenin DNA'sında vardır.

Bu olasılık, özellikle de insanın klon yoluyla oluşturulabileceği düşüncesi, yani bir tek insan hücresinden geliştirilmiş herşeyi tamam bir insan yaratmak, popüler yazarların hayal gücünü harekete geçirdi. Böyle bir olasılık gerçekleşmekten son derece uzaktır.

Diğer yandan bir tek hücrenin aslında tam bir bireyi ortaya çıkarabildiğini biliyoruz; döllenmiş yumurta, tam bir yetişkin varlık olduğu zaman bu gerçekleşiyor, Ama olan biten tek yönlü bir işleme benziyor. Canlı yaratıklar, kolay kolay hücrelerinden herhangi birinin döllenmiş yumurta gibi bölünmeye başlayıp kendi tıpkı kopyelerini oluşturmasını sağlayamazlar. Bizim hücrelerimiz, kendi uzmanlaşmış durumları üzerine sıkı bir denetleme uygularlar. Örneğin deri hücreleri deri hücresi olarak kalırlar, tıpkısı tıpkısına ayrı bir birey olmak şöyle dursun, değişip kas hücresi olmaya bile yeltenmezler.

Hücrelerimizin, çevrelerinin etkisiyle mi böyle değişmez oldukları tartışılabilir. Bir hücreyi komşularından ayırsak, belki beklenmeyen bir davranışa yönelecektir. Böyle bir deney kurbağa larvası hücreleriyle aşağıda anlattığımız gibi yapılmıştır: Önce, kurbağa yumurtalarındaki hücre çekirdekleri ve dolayısıyla DNA'ları tahrip edilmiş, sonra genç larvaların rasgele bazı hücrelerinden alınmış çekirdekler, DNA'sız kurbağa yumurtası hücrelerine yerleştirilmiştir. Kısa sürede yumurtalardan yeni larvalar, hatta bazan kurbağalar gelişmiştir. Yani larvalar bir tek larva hücresinden üremiş birer klondurlar. Benzer klon yapma deneyleri, fareler ve başka hayvanlar üzerinde de yapılmış, ama başarıya ulaşılamamıştır. Klon deneylerindeki başarısızlık, hücre karakterindeki uzmanlaşmanın dengeliliğini ortaya çıkartıyor. Her hücrenin DNA'sında bulunan, başka bir hücre olabilme potansiyeline karşın, hücreler bu potansiyel avantajı kullanmazlar. Genlerinin çoğu durdurulmuştur. Embryogenesisi derinliğine araştırabilmek için genlerin ifade edilip edilmemesini neyin belirlediğini öğrenmeliyiz.

Genlerin Başlatma-Durdurma Mekanizmasının Özelliği

Hücreleri farklılaştıran gen çalıştırma mekanizması, insanın aklına keskin bir soru getiren ilginç bir bilinmeyendir. Genler nasıl harekete geçirilip durdurulabilirler?

Daha önce de söylediğimiz gibi en açık yanıtlar en basit sistemlerden gelir. Yine, o alelade bakterilerin davranışlarına bakalım. Bazı hücreleri taze bir büyüme solüsyonu içine atıp, şeker olarak örneğin glukoz ekleyelim. Hücreler bölünmeye başlarlar ve sayıları hızla yükselir. Bu, glukoz tüketilene kadar sürer. Sonra büyüme durur.

Aynı gözlemi, yine benzer bir hücre grubuyla bu sefer değişik bir şekerle, diyelim galaktozla deneyelim. Hücrelerin sayıları artar, ama glukozla olduğundan daha yavaş artar ve galaktoz bitince büyüme durur.

Glukozun, daha hızlı tüketildiği için galaktozdan daha iyi bir besin olduğu sonucuna varırız. Ama her iki şeker de bakteri tarafından kullanılmıştır. Hiçbirini ziyan etmiyor bakteriler.

Şimdi deneyi hem glukoz hem galaktoz kullanarak yineleyelim. İlginç birşey olur, glukozun tümü tüketilene kadar nüfus hızla artar. Sonra yirmi dakika kadar artış durur. Ve bu sürenin sonunda yeniden başlayıp galaktoz tüketilene kadar sürer.

Hücrelerin glukozu yeğledikleri açıkça görülüyor. Ancak, yirmi dakikalık bir aradan sonra galaktozu kullanabilme yeteneğini kazanıyorlar.

Bunun genleri harekete geçirmek ve durdurmakla ne ilgisi var? Bu basit sistemin analizi, 1950'lerin sonuna doğru, Fransız bilim adamları François Jacob ve Jacques Monod'ya gen ifadesinin denetlenmesi üzerine parlak bir ilham verdi. Şimdi bakterilerde mekanizmanın nasıl çalıştırılabildiği kanıtlanmış durumda; bu bizim gibi daha karmaşık organizmalarda da geçerlidir belki ama burası henüz kesinlikle bilinmiyor.

Bakteriler, alışık olmadıkları bol şekerle uğraşırken içlerinde ne olup bitiyordu? Bakteri hücrelerinin glukoz kullanacak makineleri olduğu açıkça görülüyor, çünkü bu şeker verilir verilmez yemeye başladılar. Bu makine iki proteinden oluşuyor: Şekerin hücreye girmesini sağlayan bir enzim ve içeri girince onu hazmedecek bir enzim. İki enzim; iki gen. Bu makinenin galaktoz kullanan karşılığı henüz hücrede yok; veya en azından iki şekerin bulunduğu solüsyonda büyüme başladığı zaman yoktu. Glukoz tükenince galaktozu kullanacak makine kuruluyor. Glukozun bulunmaması, galaktoz kullanan makinenin geliştirilmesi için tetiği çekiyor. Glukoz, galaktozu kullanmak için gerekli enzimleri denetleyen genlerin ifadesini önlüyordu ve bastırıyordu. Glukoz bitince baskının etkisi kayboldu ve böylece galaktoz genleri, mesajcı RNA'ları yapmaya başlayıp proteine çevirebildiler.

Bütün bunların bakteri için anlamını düşünün. Eli altındaki en iyi besini yiyor ve besin, bakteri içinde enerjinin başka besini kullanmak için enzimler yapılarak ziyan edilmemesini de ayarlıyor. İyi besin tükenince el altında yalnızca daha zayıf besin kalıyor. O zaman bakteri işe girişip bu besini kullanabilmesi için gerekli enzimleri yapıyor.

Bakteriler Kendilerine Verilen Şeyleri Üretmezler

Bahçenizde kendi kullanımınız için sebze yetiştiriyor olsanız ve birileri size düzenli olarak bu sebzelerden vermeye başlasa, belki de kendiniz

yetiştirmekten vazgeçerdiniz. Bakteriler de buna benzer bir şey yaparlar. Kendi gereksindikleri amino asitleri yapabilirler (protein zincirindeki yirmi temel halka). Amino asitler olmadan, doğal olarak protein yapamayacaklardı ve üremeleri duracaktı. Eğer bakterilere hazır yapılmış amino asitler verirsek, içinde yaşadıkları solüsyona amino asitler eklersek, bakteriler kendi amino asitlerini yapmayı durdururlar. Amino asit armağanımız, hücrelerin kendilerininkini yaparak enerji harcamalarını gereksizleştirir. Burada bir hayli enerji söz konusudur. Yirmi amino asidin herbirini yapmak birkaç enzim gerektirir. Her enzim yapılışında, bir gen harekete geçirilmeli, mesajcı RNA yapılmalı, enzim proteinlerin yapıldığı ribosomlara gönderilmelidir. Genin böylece durdurulması yapı enerjisinde önemli bir tasarruf demektir. Enerji korumak, bütün canlı hücrelerde olduğu gibi, bakterinin de yaşamını sürdürebilmesi için son derece önemlidir.

Gen İfadesinin Denetlenmesi İçin Şema

İşte bakteriler üzerine çalışmalardan elde edilmiş gen ifadesinin genel resmi;

1. Genler harekete geçirilip durdurulabilirler. Bu, represör denilen protein moleküller tarafından yapılır.

2. Represörler, kendilerini genlerin ucuna bağlarlar. Böylece geni mesajcı RNA'ya geçirecek olan enzimin işini yapmasını engellerler.

3. Bu, genin yapmakla yükümlü olduğu proteinin yapılmasının istenmediği anlamındadır.

4. Represörler iki nedenle DNA'dan serbest bırakılabilirler:

a) Glukoz gibi bir şekerin yokluğuyla (demek ki glukoz gene bağlanması için represöre yardım ediyor.)

b) Bir amino asidin yokluğuyla.

Şimdi daha önce anlattığımız glukoz-galaktoz deneyinin açıklamasını görebiliriz. Glukoz bakterilerin eli altında bulunduğu sürece, onu yiyecek ve bu da galaktoz genleri represörünün galaktozu kapalı tutmasına yardım edecektir. Glukoz bitince, galaktoz geni represörleri işlevlerini yerine getirmezler, böylece gerekli enzimler yapılabilir ve galaktoz kullanılabilir. Aynı şekilde, bakterilere amino asitler verildiği zaman bu amino asitler, bütün amino asit yapmaya yarayan genlerin represörlerine yardımcı olup, genleri kapattırabilirler.

Bakteri içinde işleri düzenleyen bu güzel sistemin insanlar dahil daha yüksek canlı biçimlerinde de işlediği görülüyor. Bu sistem genlerin ifadesini denetlemek için önemli bir yoldur.

Ama İnsanlar Bakteri Değildir

Bakteri hücreleri ile bizim gibi organizmaları daha karmaşık ve uzmanlaşmış hücrelerin kullandıkları yöntemler arasında, belirgin bir fark vardır. Bakteri hücreleri; çabuk tepki veren, esnek, çevredeki ciddi değişikliklere hızla kendini uydurabilen bir yaşam sürerler. Bu biraz, vahşi ormanlarda savaşarak varlığını sürdürmeye benzer; bir bakteri kendi başının çaresine bakar. Diğer yandan uzmanlaşmış hücrelerin yaşam biçimleri kalıcı olarak belirlenmiştir. Ömür boyu; "deri hücresi" deri hücresi olarak, "kas hücresi" kas hücresi olarak, "beyin hücresi" de beyin hücresi olarak kalır. Her hücre çeşidinde deri mi, kas mı, yoksa beyin mi olduğunu belirleyen bir kaç gen işletilir ve diğer bütün genler (diyelim ciğer, kemik ya da böbrek olmak için) durdurulur ve hücre neyse sonuna kadar da o olarak kalır. Bakteriler, buna göre genleri hızla ve kolayca harekete geçirip durdurabilecek araçlar gereksinirler. Uzmanlaşmış hücrelerde çoğu genler sürekli durdurulmuş, birkaçı da sürekli işletilir durumdadır. Bakterinin bu kolay çalıştırma-durdurma mekanizması, uzmanlaşmış hücrelerde kullanılana benzemeyebilir. Ne var ki şu anda elimizde en iyi anladığımız model, bakteri sistemidir. Hiç olmazsa teorik olarak, temelli durdurmayı veya çalıştırmayı sağlamak için kullanılmasını düşünmek zor değil.

Biçimin Oluşumu

Embryogenesisde temel problem olarak gen ifadesine bakıyorduk. Oysa ilk göze çarpan yan, biçimin oluşumu; heykel dökme sürecindeki hüner, yumurtadan bebeğe dönüşümün akıl almaz mimari başarısı. Örneğin, bizi oluşturan tüm özel doku ve organlar, bir iskelete asılmıştır. Kemik, bütün diğer yapının yanısıra embryoda gelişir. Sıradan görünüşlü hücrelerden başlayarak, içinde kalsiyumun sert bir yapı oluşturmak için biriktirildiği yeni bir doku belirir. Bu doku sert ve olağanüstü güçlüdür, bir organizmanın ağırlığını ömür boyu taşıyabilecek nitelikte yapılmıştır. Kırıldığı zaman da yeniden kendini onarabilir. Böylesine bir yapısal biçimlendirme süreci nasıl ortaya çıkıyor? Bu anlaşılması zor bir problem ve yine bir model sisteme başvurmamız gerek.

Bakteriler, insanlar gibi virüs enfeksiyonuna karşı dirençsizdirler. Her bakteri virüsünün (buna bakteri yiyen anlamında bakteriofaj denir) kutu gibi

içinde DNA'nın saklandığı bir kafası ve enjektör iğnesi gibi kullandığı bir kuyruğu bu kuyruğun ucunda da bakterinin yüzeyini yakalayan örümcek gibi bacakları vardır.

Sonra virüs kendisi bir enjektörmüşçesine -ki aslında öyledir de- DNA'sını kuyruğundan bakteriye geçirir. Virüsün DNA'sı bakteriye girer girmez idareyi ele alır. Bakterinin protein yapan makinesine, bundan böyle bakteri proteini yapılmayacağını belirten bir sinyal gider. Ribosomlar ve transfer RNA makinesi, virüsün kendi DNA'sından üretilen mesajcı RNA'lar tarafından çabucak kendi yararına işleyecek hale dönüştürülür. Kısa bir süre sonra, bakteri fabrikası virüs proteini parçaları yapmaya başlar. Yeni kafalar, kuyruklar ve bacaklar yapılır. Herşey virüsün DNA'sı tarafından yönetilir.

Bundan kısa bir süre sonra, bakterinin içinde virüs kafalarının biriktiği görülür, yeni yapılmış virüs DNA'ları bunların içine yerleştirilir ve tamamlanmış virüsler ortaya çıkar. Her bakteri hücresinin içinde, yüz kadar virüs onu sıkı sıkıya dolduracak biçimde birikir. Zamanı gelince, virüsler bakterinin zarını yarıp, onu öldüren bir enzim salgılayarak kaçarlar. Bütün bu vahşi yıkım yarım saatten az bir zamanda gerçekleşir.

Bu olguda biçimin oluşumunun basit bir modelini görebiliriz. Ele geçirilen fabrikada, virüsün değişik parçaları, kendi DNA'sının verdiği talimatlarla, ufak bir bina yapar gibi biraraya getirilir. Bunun dikkatle programlanmış bir zaman aralığında, ortaklaşa gerçekleştirilen bir işlem olduğu görülebiliyor. Öyle ki genler virüsün değişik parçalarının yapımına bir sırayı izleyerek başlanmasını denetliyorlar. Doğru parçalar doğru sırada yapılıyorsa, belirli biçimin kendiliğinden bir anda oluşması çok güçlü bir olasılık gibi görünüyor.

Bu modelin çok daha karmaşık, gerçek embryogenesis olgusuna ne kadar ışık tutacağı belirsiz. Ama modelin yararlılığı, bakteriden çok daha basit bir organizma olan virüsün gen kompozisyonu üzerine oldukça tam bir bilgi sahibi olmamızda yatıyor. Ayrıca, olayların sırasını denetleyip isteğimize göre ayarlayabiliyoruz ve çok karmaşık olmayan üç boyutlu bir biçimin oluşumunu bir elektron mikroskobuyla kolayca izleyebiliyoruz.

Hücre Bölünmesini Başlatmak ve Durdurmak

Embryo hızla bölünen bir hücre kütlesidir. Bu korkunç hızlı büyüme işi, doğumdan sonra çocukluk boyunca gittikçe yavaşlayarak yetişkinliğe erişene kadar sürer. Yetişkinlikte hücre bölünmesi durur. Bir organizmanın

bütününde; her organın, her dokunun hücreleri, büyümenin tamamlanmasına çok titiz ve dikkatli bir işbirliğiyle katılırlar. Hücreler büyümeyi ne zaman durduracaklarını nereden biliyorlar? Oluşumuna katkıda bulundukları organların tam büyüklüğe eriştiğini onlara söyleyen ne?

Bu olgu, normal hücrelerin bedenin dışındaki davranışında da gözlemlenebilir. Birkaç normal hücre, bir cam kabın ortasına bırakıldıklarında, hemen yanlarındaki komşu hücrelerle sürekli ilişkili olarak bölünmeye başlarlar ve en uçtaki hücreler kabın kenarlarına dokununcaya kadar, kabın yüzeyini tek hücre kalınlığında bir tabaka halinde örterler. Kenara ulaşılınca bütün hücreler bölünmeyi durdurur.

Bölünmeyi durduran sinyalin özelliği nedir? Bunun cevabını bilmiyoruz, ama araştırmayı sürdürüyoruz. Bilmecenin en azından bir bölümüne cevap getirebilecek, iddialı bir model sistemimiz var. Bu modelin uygulanabilme kolaylığına hayranım, üzerine yıllar harcadığım için ona karşı özel bir düşkünlüğüm var.

Regenerasyon: Yenilenme

Bir kurbağa yavrusunun kuyruğunu kesip onu yeniden suya bıraksam, yara çabucak iyileşir ve ondan sonraki üç haftada gerçekten çok ilginç olaylar olur: Yaradan tümüyle yeni bir kuyruk ürer.

Tam ve mükemmel bir kuyruk. Bir salamenderin de buna benzer biçimde ayağını koparsam yerine yenisini yapar. Deniz yıldızı ve istakoz da öyle. Bu olguya regenerasyon: yenilenme denir. Bunun kendi bedenimizde de örneği vardır. Kopunca kollarımızı, bacaklarımızı yerine getiremeyiz ama karaciğerimiz bir kazada zarar görse, bir parçasının ameliyatla alınması gerekse karaciğer bir iki gün içinde eski büyüklüğüne erişir. Bu özel durumun, laboratuvarda benzerini yapabiliriz. Ameliyatla bir farenin karaciğerinin üçte ikisini alabilirim. Fare anesteziden birkaç dakikada ayılır, biriki saat içinde yemeye başlar ve üç gün sonra karaciğerinin eksik üçte ikisi, normal ve sağlıklı olarak yerine gelmiştir; bir karaciğerin yapması gereken herşeyi yapmaktadır.

Bütün bu olaylarda iki dramatik nokta görülür: Birincisi; hayvanın bir parçasının ayrılması, eskiden herşeyin sakin olduğu bu bölgede çok hızlı bir hücre bölünmesine yol açar. İkincisi; bu parça yerine gelince hücre bölünmesi durur. Şaşırtıcı olan; bu bölgedeki hücrelerin bölünmeye gerek olduğunu ve iş bitince durmak gerektiğini bilmeleridir!

Bu hücrelerin içinde, onlara bölünmeye başlamalarını ve eksik organı tamamlamak için yeterince bölündükleri zaman durmalarını söyleyen nedir? Bir zamanlar bunun cevabını bulmak için, kopan parçanın yerine yeni hücreler üreten bir karaciğerden parçalar alıp, bunları normal, bölünmeyen karaciğer hücrelerine karıştırıyordum. Kopanı yerine getirmek için üreyen hücrelere, daha çok hücre yapmalarını söyleyen bir kimyasal sinyal varsa, bunun normal hücreleri de etkileyip, onların daha hızlı protein yapmalarını sağlayacağını düşünüyordum. Diğer yandan, eğer normal hücreler yenileme hücrelerini yavaşlatacak bir kimyasal mesajı içeriyorlarsa, bunu da anlayabilecektim. İyi bir fikir, iyi bir model -ama deneyler sonuçsuz kaldı. Sistem henüz çok karmaşık. Olanları bir türlü kavrayamıyoruz.

Yaşamın kanunlarını açığa çıkartmakta üstüste sağlanan başarılardan söz eden öykümüzde; bir deneysel başarısızlığın yeri yok gibi gelebilir. Bence tersine; bu öykümüzün gerçekçiliğini arttırır. Aslında, şimdiye kadar bilim adamlarını yaptıkları deneylerin çoğu başarısızlıkla sonuçlanmıştır. Başarısızlıklarımızdan ders alıp, bize sonunda iyi bir ilham sağlayacak daha iyi deneyler tasarlayabiliriz.

Meslektaşım Dr. Nancy Bucher, yenilenme olayı üzerine bilgiye belki de diğer bilim adamlarından çok daha fazla katkıda bulunmuştur. Önemli çalışmalarından bazıları, farelerden yapışık ikizler yapmayı içeriyordu. İki fareyi iyi bir ortak dolaşımları olacak biçimde birbirine dikiyordu; kan ikisinin arasında kolayca dolaşıyordu. Sonra, farelerden birinin karaciğerinin üçte ikisini alıyor ve bu ciğerin eksik kısmı yerine gelene kadar, diğer farenin karaciğerinin de büyüyüp büyümediğine bakıyordu. Büyüdü! Bu; yenilenme yapan karaciğerin, kan dolaşımına birşey kattığı ve bunun diğer farenin karaciğerine ulaşınca, onun da büyümesine neden olduğu sonucunu gösterdi. Nancy Bucher ve bir çok başka bilim insanları, bu maddenin ne olabileceğini anlamaya çalıştılar; ama henüz bir başarı elde edilmiş değil.

Embryogenesis Üzerine Bilinmeyenler Bilinenlerden Çoktur

Yinelersek, Embryogenesis konusunda bazı ilginç şeyler üzerinde durduk. Birarada kalabilecek yapışkanlığı elde etmek için bölünen hücrelerin özel yeteneklerinden; bir organizma oluşturmak için gerekli olan uzmanlaşma konusundan; biçimin oluşumundan ve son olarak uzun embryogenesis, sürecine dur emri veren, çocukluk ve yetişkinliğe ulaşma işleminin bittiğini bildiren sinyalden söz ettik. Bunlar son derece karışık

olguların yalnızca bir iki önemli noktası. Cahilliğimiz hala bildiklerimizi kat kat geçiyor. Bu hiç de şaşırtıcı değil. Embryogenesis, bütün yeteneklerimizi kullanmamızı gerektiren bir probleme benziyor, ve biyoloji biliminin temelinde yatıyor. Biraz heyecanlı, biraz da kışkırtıcı bir konu; çünkü, ilk bakışta çözülemeyecek hiçbir zor yanı yokmuş gibi görünüyor. Kısa bir süre sonra, daha önceki bölümlerde anlattığımız yaşamın evrensel kanunlarını kavradığımız gibi, embryogenesisi de anlayabileceğimize inanıyorum.

Embryogenesisin anlamadığımız yanları, kanserin anlamadığımız yanlarına çok benziyor. Gerçekte, bazı araştırmacılar, kanserin açıklamasının, embryogenesisin anlaşılmasını gerektirdiğini düşünüyorlar. Kanser, bazı bakımlardan insanın embrogenesisindeki o çok üstün denetleme yeteneğini yitirdiği zaman ortaya çıkıyor gibi görünüyor. Örneğin, kanser hücrelerinin başıbozuk davranışları, hücre yapışkanlığının yokolmasıyla ilgili olabilir. Şimdi bu konuyu daha yakından incelemeliyiz.

VIII. BÖLÜM

Kanser

Sorun, içerde birşeylerin olup normal bir hücrenin kanser hücresine dönüşmesiyle başlar. Kanserin kökeninin tek hücrede oluşu, yaşamın ilkeleri üzerine yazılmış bir kitapta bir bölümün kansere ayrılmasını gerekli kılıyor. Kanser konusunda açıklama arayanların, kitabımızda daha önce anlattığımız konularla da ilgilenmeleri gerekir.

Berilyum ve Kanser

Berilyum adlı maden, tavşanlarda çok kötü kemik kanserlerine yol açıyor. Bu, araştırmacı olarak ilk çalışmaya başladığım sıralarda, floresan lamba üretiminde çalışan işçilerde görülen ölümler üzerine eğilen bazı bilim insanları tarafından bulunmuştu. İşçilerin akciğerleri, lamba tüplerinde kullanılan bazı malzemelerin etkisiyle bozuluyordu. Araştırmacılar berilyum içeren fosforlu malzemeyi hayvanlara verdiler ve birkaç ay sonra kemik kanserleri görüldü. Kanserler hızla büyüdü, bedenin diğer kısımlarına yayıldı ve hayvanların bir iki hafta içinde ölmelerine neden oldu. Berilyum insanlarda hiçbir zaman kansere yol açmaz, ama akciğerlere zarar verir. Zaten artık floresan lamba yapımında da kullanılmıyor.

Tıbbiyeden mezun olur olmaz, berilyumun nasıl kansere yol açtığını bulmayı kendime iş edindim. Önce, kütüphanede benden önceki bilim adamlarının, berilyumun canlı sistemlerdeki davranışı üzerine neler yapıp yapmadıklarını araştırdım. Çok az şey yapılmıştı. Ama bilinen ilginç bir nokta vardı. Son derece küçük miktarlardaki berilyum, bedendeki fosfataz denilen önemli bir enzimin çalışmasını durduruyordu. Bu enzim kemik için

özellikle önemlidir, çünkü kemiği sertleştiren kalsiyum fosfat maddesinin toplanmasına yardımcı olur. Bilinen başka bir gerçek de, fosfataz enziminin işe yaraması için, normalde "magnezyum" metaline gereksinimi olmasıydı. Berilyum, atomik yapısı bakımından magnezyumun çok yakın akrabasıdır. O zaman, şu soru akla geliyor: Berilyum, magnezyumun yerini alıp fosfatazı zehirliyor mu? Cevap "evet" oldu. Berilyum enzime giriyor, magnezyumu dışarı atıyor ve böylece enzimi işe yaramaz hale getiriyor.

Berilyum ve Büyüme

Ben konuya girdiğimde durum böyleydi. Problemi kafamda tartarken, aklıma bana güzel görünen bir fikir geldi. Neden "büyüme" için magnezyuma gereksinen, basit bir model sistemle çalışılmasın? Eğer berilyumun büyüme üzerine bazı etkileri olduğu görülürse ve bunlarla sistemin magnezyuma olan gereksinimi arasında bir bağlantı kurulabilirse, berilyumun hücre büyümesini nasıl etkilediğini anlamaya birazcık yaklaşmış olabilirdim. Çalışmak için seçtiğim basit model sistem, bitkilerin büyümesiydi. Bitkilerdeki bütün klorofil molekülleri magnezyum içerir. Klorofil, tıpkı bazı enzimler gibi, magnezyum olmazsa işlevini gereğince yerine getiremez. Belki berilyumun magnezyumu klorofilden dışarı çıkarıp, bitkilerin büyümesinde değişime yolaçması beklenebilirdi.

Çalışmaya serada, içinde bitkilerin beslenmesi için gereken herşey ve bu arada normal bir miktar magnezyum bulunan bir solüsyon içinde, şişede yetiştirilen domates bitkileriyle başladım. Bu bitkiler birkaç hafta içinde çok güzel geliştiler.

Başka bir grup bitki, içinde berilyumun da bulunduğu benzer bir ortama konuldu. Bunların büyümeleri, berilyumsuz grubun büyümesiyle aynı düzeydeydi.

Bunun üzerine, berilyumun yeterince magnezyum bulunduğu zaman, herhangi bir probleme neden olmadığı sonucuna vardım.

Üçüncü grup bitki de standart magnezyum miktarının yarısı verilerek yetiştirildi. Bu bitkiler bir hafta kadar büyüdüler, sonra sarardılar, sarktılar ve öldüler.

Bu magnezyum eksikliğinin beklenen etkisiydi: yarım ölçü magnezyum yetmemişti. Dördüncü grup bitkiye, üçüncü grup kadar magnezyum ve ikinci gruba verilen kadar bol berilyum verildi. Sonuç dramatik ve tatmin

ediciydi. Bu bitkiler güzel geliştiler ve her yönüyle, birinci ve ikinci gruptakiler kadar sağlıklıydılar.

Ulaştığım sonuç kaçınılmazdı. Berilyum, bitkinin magnezyum gereksiniminin en az yarısını karşılaşabiliyordu ve magnezyumdan yoksun bırakılmış ölüme mahkum bitkilerin oldukça normal büyümelerini sağlayabiliyordu.

Buraya kadar herşey çok güzel, Bundan sonraki adım, berilyumun klorofil moleküllerine girip magnezyumu dışarı atıp atmadığının incelenmesiydi. Dört grup bitkinin klorofilini de analiz ettim. Hepsinde de magnezyum olup berilyumdan iz olmaması beni hayal kırıklığına uğrattı. Bu sonuç cesaret kırıcıydı, ama gerçeğe karşı söyleyecek bir şeyim yoktu.

Yine de berilyum, normal olarak magnezyumun bitkilerde yaptığını yapabiliyordu. Bütün deneyleri, ufacık tek hücreli yeşil alga kültürleri kullanarak yineledim ve tümüyle aynı sonuçları elde ettim.

Bu öyküyü neden anlattım? Birincisi, bu, kanser araştırmalarında kafa karıştıran bir problem, ilginç bir model sistem, çekici ve çözülmemiş bir esrar. İkincisi; bilimde olayların nasıl geliştiğini iyi resimliyor. Bir fikir, beklenen dramatik sonuca ulaşabilir, ama beklenen açıklama da yanlış çıkabilir. O zaman daha iyi bir öneriye gereksinim var. Üçüncüsü; ileri de ne yapacağım üzerine kritik bir seçim gerektiği bir anda, bu berilyum problemindeki deneyimim beni, bir öneri getirip bunu deneyle sınayabildiğime inandırdı. Böylece bilimde kariyer yapabileceğimi anladım. Teorimin yanlış olması beni hiç rahatsız etmedi. Çoğu düşünceler yanlıştır ve insan yaşamı boyunca birkaç tane iyi düşünceye rastlarsa şanslıdır.

Bu problem üzerine iki yıl daha çalıştım. Magnezyuma dayalı bitki enzimlerinde, berilyumun magnezyuma bağımlı bitki enzimlerindeki magnezyumla rekabeti konusunda ilginç buluşlar yayınladım. Ama o zamandan beri ne ben, ne de bir başkası; bu basit metalin, bitkilerin büyümesindeki yerini veya tavşan kemikleri üzerindeki etkisini açıklayamadık. Önemli bir çözülmemiş problem, yeterli bir çözüm bekliyor. Kuşkusuz, basit bir metalin kanser üretmesi, ancak çok yetenekli bir bilim adamının ele alabileceği bir konu.

Kanser Nedir?

Kanserin ne olduğunun açık bir resmini yapalım. İlk yaklaşımda, kanserin hücrelerde kalıtımla geçirilmiş anormal davranış olduğunu

söyleyebiliriz. Bu anormal davranış, bedenin herhangi bir yerinde, herhangi bir hücrede ve herhangi bir zamanda başlayabilir. Kanserli hücre davranışının iki ana özelliği vardır: 1) Kanser hücreleri, komşuları olan normal hücrelere göre daha hızlı çoğalırlar. Son bölümde gördüğümüz gibi, normal hücrelerin bir büyüme dönemi vardır ama bu sonraları yetişkinliğe ulaşılınca durur. Yenilenme yapan karaciğerde de orijinal büyüklüğe varılınca hücre bölünmesi biter. Kanser hücreleri, bir besin kaynağı bulunduğu sürece, hiçbir zaman bölünmeyi durduramazlar. 2) Kanser hücrelerinin etraflarındaki hücrelerle her zaman ki ilişkilerinde değişiklik olur, öyle ki nispeten daha bağımsız egoist ve kötü komşu gibi davranırlar. Hücre yapışkanlığının, embryogenesisin önemli bir özelliği olduğunu hatırlayacaksınız. Bölünen hücreler, yüzeylerindeki özel proteinler sayesinde komşularıyla birbirlerine yapışma eğilimindedirler. Normal hücrelerin bu temel niteliğinin kaybolması, habis büyümeye yol açan önemli bir unsur olmalıdır.

Yukarıdaki iki özelliğin birleşmesi; yani hücre bölünmesinin artan hızı ile birlikte, hücre yapışkanlığının kaybolması öldürücüdür. Bu, yeni ve uyumsuz, garip bir dokunun, doğduğu noktadan hızla yayılarak büyümesi demektir. Sonuçta; hücreler metastaz yapabilirler, başka bir deyişle kan dolaşımıyla bedenin başka yerlerine gidip, oralarda yeni kanserli koloniler oluşturabilirler. Ve zamanla bölünen, rahat durmayan hücreler, içinde doğdukları bedeni öldürürler.

Bedenin Dışında Kanser

Tıpta araştırmacılar, ne zaman problemli bir parçayı bedenden alıp, basit bir cam kaba koysalar, çözüm üzerine iyimser olmaya başlıyorlar. Bu, önerilerinin denetlenebilen, el altında bir sistemle, kritik deneylerle sınanabilirliği anlamına geliyor. Kanser, daha önce de belirttiğimiz gibi, hücrelerin hastalanmasıdır. Hücreler, bedenden alınıp laboratuvarda cam kaplarda incelenebilirler. Böyle kolayca incelenebilen insan hastalığı sayısı çok azdır aslında.

Gelin, cam kaplardaki normal hücrelerin ve kanserli hücrelerin davranışlarını inceleyelim. Önce, bir kabın ortasına bir iki normal beden hücresi koyacak ve onları besleyici bir sıvıyla örteceğiz.

Birkaç günlük bir dönem süresince, sürekli camla ve birbirleriyle ilişkide olarak durmadan bölünürler.

Hücreler, kabın kenarlarına ulaştıkları zaman bölünmeyi durdururlar.

Bundan sonra hücreler, tek kat hücre derinliğinde bir tabaka halinde, dengeli, iyi komşuluk ilişkileri içerisinde kalırlar. Hücrelerin ufak bir bölümünü camdan kazıyıp alırsak, yaranın yanındaki hücreler bölünmeye başlayıp kısa zamanda boşluğu doldururlar. Boşluk tek tabaka hücreyle kaplanınca, hücre bölünmesi yine durur.

Dikkat ederseniz bu davranış, yenileme yapan hücrelerinkine temelinde benziyor ama onlarınkinden daha basit. Yenilenmede de bölünme, önceden belirlenmiş bir sınıra, orijinal organ büyüklüğüne ulaşana kadar hızla sürer. İki sistemde de bizi normal hücrelerin ne zaman durmak gerektiğini bildiklerine inandıran bir davranış var.

Şimdi, kanser hücrelerinin davranışını gözleyelim. Birkaç tanesini bir kaba koyup, ne yapacaklarına bakalım.

Bölünüp kabı kaplamaya başlıyorlar, normal hücrelerden pek farkları yok.

Ama kabın kıyısına eriştikleri zaman, normal hücrelerle benzerlikleri kalmıyor.

Bölünmeye devam ediyorlar, öyle ki düzensiz bir biçimde, gittikçe daha çok hücre üst üste birikiyor. Hücreler büyümeyi nasıl durduracaklarını unutmuşa benziyorlar.

Sürdürülen bölünmeye şimdi engel olabilecek tek şey, besin yokluğudur. Kanser hücrelerinin başka hiçbir hücrede bulunmayan bir özelliği var; ölümsüzmüşçesine sınırsız çoğalma yeteneği. Gerçekten de bazı kanser hücreleri, kurbanlarının bedenlerinin dışında çok uzun bir süre yaşıyorlar. Bu olgunun en ünlü örneği, 1951'de rahim kanserinden ölen Henriette Lacks'den ameliyatla alınmış kanser hücreleridir. Kadıncağız daha sonra bu kanserden öldü, ama kanserli hücrelerinin bir kısmı cam kavanozlara konup, bunlara besin verilmişti. Bölünmeyi sürdürdüler. Bugün, "HeLa" hücreleri olarak biliniyorlar, hala canlılar ve bölünüyorlar! Kanser araştırmasında yaygın olarak kullanılıyorlar.

Kanserli hücreler bedende nasıl davranıyorlarsa, cam kapta da öyle davranıyorlar. Normal hücrelerin uyguladıkları sınırlamalardan vazgeçiliyor. Hücre bölünmesinin yasaklanması, hücreler belli bir boşluğu doldurduklarında veya önceden belirlenmiş bir toplam kütleye eriştiklerinde ortaya çıkar. Bu yeteneğin kaybedilmesi kanserdir.

Cam kaplarda yapabileceğimiz bir şey daha var. Normal hücrelere kanser aşılayabiliriz. Hayvanlarda kanser yapan maddeler ekleyerek, özellikle kanser yapan virüslerle insan, beden dışında da hücrelerde hastalığa neden olabilir. Bilim adamı için çok heyecan verici bir olgu bu, çünkü kansere neden olmanın her adımı beden dışında, laboratuvarda, denetlenebilen koşullarda izlenebiliyor.

Kanserin Kendisine Kan Sağlaması

Cam üzerinde büyüyen kanser hücrelerinin tipik olmadığı, üç boyutlu, yumuşak dokuya benzeyen bir ortamda yetiştirilmelerinin gerçeğe daha yakın olabileceği düşünülebilir. Bu yapıldığı zaman kanser hücreleri çıplak gözle ancak seçilebilen ufak bir top oluşturana kadar büyüyorlar. Daha fazla büyümemelerinin nedeni, besine bu durumda kolay ulaşamamalarıdır. Eğer yakında damar hücreleri varsa, küçük kanser hücresi topu, onları yeni kan damarları üretmeye tepkilendirecektir. Kan damarları böylece kanser kütlesinin içine kadar uzar ve kanser hücreleri yeniden bölünmeye başlarlar. Kan damarları büyüyüp dallandıkça, besin taşıdıkça, kanser kütlesi de oldukça büyük bir hale gelebilir. Kanser bedende kanla beslenmezse gelişemez. Judah Folkman tarafından yönetilen bu araştırma, aynı zamanda kanser hücrelerinin, kan damarlarının büyümesine neden olan bir şey salgıladıklarını göstermektedir. Bu salgının ne olduğu üzerine arıştırma sürüyor. Ne olduğunu bilebilseydik, karşı koyabilir, kanseri besinsizlikten öldürebilirdik.

Kanser Mutasyonla mı Oluşur?

Bir hücrenin bu önüne geçilmez özellikleri kazanmasının nasıl bir nedeni olabilir? Tabii bunu henüz bilmiyoruz. Dönüşümün tetiğini neyin çektiği büyük bir soru. Ama bedende kanserin başlama biçimi üzerine birkaç şey, akla mutasyonu, başka bir deyişle, bir tek hücrenin DNA'sındaki bir değişimi getiriyor.

1. Kanser, her zaman bir tek hücrede ani bir değişmeyle başlar görünüyor.

2. Hücre bir defa hastalanınca, ondan üreyenlerin hepsi hastalıklı oluyor. Yani, kötü özellik hücreden hücreye geçiyor.

3. Kanserli hücreler, kendisinden üredikleri normal hücreye göre bir seçilme avantajı elde etmişe benziyorlar.

4. Kanser yapan nedenlerin çoğu, örneğin kimyasal maddeler, x-ışınları ve ultraviole ışınları, aynı zamanda mutasyona da neden oluyorlar.

Öyleyse, kanserin çok rastlanan, olabilecek nedenlerinden biri de DNA'da değişme, yani mutasyon.

Virüsler ve Kanser

Belirli virüs cinsleri kansere neden olabilir. Şimdi bu gerçeğin, mutasyonlar konusunda söylediklerimizle ilginç bağlantıları olduğunu göreceğiz.

Bakalım güncel kanser araştırmasında yine yeğlenen bir model sistemi olarak karşımıza ne çıkıyor? Daha önceki bölümde gördüğümüz bakteriden geçinen virüsü hatırlayacaksınız. Virüs DNA'sını bakteriye geçiriyor ve ondan sonra bütün bakteri makinesi virüs üretmekle yükümlü oluyor.

Ama bazan, virüsün DNA'sı bakteri hücresine girince oldukça garip ve beklenmeyen bir şey olabilir. Virüsün DNA'sı sessizce bakterinin DNA'sına eklenebilir; virüs geni, bakteri geniyle birleşir. Bu durumda yeni virüs yapılmaz. Bakteri hücresi kendisine hiç bir şey olmamışcasına bölünmeyi sürdürebilir. Ama köklü bir değişiklik belirmiştir. Virüsün girdiği bakteri ve ondan üreyenler, virüsün DNA'sını da taşımaktadırlar. Özellikleri ve bunun sonucu olarak da davranışları değişmiştir.

Olan biten nedir? Virüsün genleri, şimdi bakterinin DNA'sının bir parçası olarak işlev yapıyorlar. Mesajcı RNA'nın ne yapacağını dikte ettiriyorlar ve mesajcı RNA'lar, bakterinin ribosomuna gidip yeni proteinlerin yapılışını bildiriyorlar. Üretilen proteinler, bakterinin parçası haline gelip, bu arada karakterini değiştiriyorlar. Özetlersek, bakteri ve bütün ondan türeyenler, şimdi bakteri DNA'sının bir parçası olan virüs geninin varlığıyla değişmiştir.

Kuşkusuz, virüslerin bu yaptıkları berbat bir iştir. Hayvanlarda birçok kanserin nedeninin virüs olduğunu öğrendiğimiz zaman, bu olgunun gözümüzde önemi hemen büyüyor.

Hayvan hücrelerindeki kanser virüsleri, dikkati çekecek kadar, bakteri virüslerinin yaptıklarına benzer şeyler yapıyorlar. Hücrelere giriyorlar. Önce kaybolmuş görünüyorlar, sonra genleri hücrenin DNA'sıyla birleşiyor. Hücrenin özellikleri, temelli kötü yönde değişiyor.

Virüs ve mutasyon öykülerini birleştirirsek belirli bir genelleme yapabiliriz: Virüslerden gelen yeni genler veya mutasyonlar, hücrelerde

yeni proteinlerin yapılmasına neden olur. Bunlar sırayla daha hızlı büyümeyi, çevresinden kopuk davranışa yol açan yüzey değişmelerini ve diğer kanser benzeri özellikleri başlatabilirler.

Birçok Kanserin Nedeni Virüslermiş Gibi Görünmüyor

Bütün insan kanserleri dahil, bir çok kanserin nedeni virüsler değil gibi görünüyor. Bu, insanlardaki kanserlere virüsler neden olamaz demek değil, yalnızca bunu kanıtlayamıyoruz. Yukarda değindiğimiz olgu, virüslerin bazan varlıklarını saklamada son derece becerikli görünmeleri, kanserde onları saptamayı çok zorlaştırıyor.

Kansere Bedenin Tepkisi

Kanser hücreleri; kötü komşulardır, çevrelerinden kopukturlar ve birbirinden bağımsız davranırlar dediğim zaman, bunun hücre yüzeyinin durumundan kaynaklanan bir olgu olduğunu anlamalısınız. Kanser hücreleri, komşu hücreleri, hücre-hücreye, yüzey-yüzeye alışverişte hissederler. Bu etkileşmenin normal olmaması, kanser hücrelerinin yüzeylerinin, kendilerinden türedikleri hücrelerin yüzeylerinden farklı hale geldiğini gösterir. Bunun böyle olduğu deneyle de saptanmıştır.

Şimdi, eğer kanser hücresinin yüzeyi, normal hücreninkinden farklıysa, bedende "yabancı" mıdır? Bununla şunu anlatmak istiyorum: Yüzey, bedenin koruyucu bağışıklık sistemine yabancı görünecek kadar farklı mı? Cevap evet gibi görünüyor. Kanser hücreleri, bağışıklık tepkilerini kışkırtıyora benziyorlar. Beden savunması, kanser hücrelerini yok etmek için zayıf tepkiler gösteriyor.

Bu bilgi ümit verici. Çünkü eğer beden kendisini kansere karşı savunuyorsa, enfeksiyon hastalıklarından korunmak için bildiğimiz prensipleri kullanarak, beden savunmasını aşıyla güçlendirmek olanaklı olabilir.

Kanser ve Çevremiz

Durmadan artan kanıtlar, kanserin yediğimiz, içtiğimiz, soluduğumuz, etkisinde bırakıldığımız başka şeylerden de kaynaklandığı, görüşünü destekliyor. Bu kanıtlar üç çeşit. Birincisi değişik tip birçok kanserin, dünyanın bir coğrafi bölgesinden diğerine, büyük değişiklikler göstermesi. İkincisi; insan gruplarının bir ülkeden diğerine göç etmesiyle, bazı tip kanserlerin onların çocuklarında görülme oranının değişmesi. Örneğin, ABD'de yerleşen Japonlar arasında, Japonya'da nispeten daha yüksek

oranda görülen mide kanseri azalmıştır. Göçedenlerin çocuklarında, diğer Amerikalılarda olduğu gibi, bu hastalığa beşte bir az sıklıkta rastlanır.

Doğulularda göğüs kanseri oranı düşüktür, ama Amerika'ya yerleştiklerinde altı kat artar. Üçüncüsü; havada, suda ve gıdalarda, kansere neden olduğu kanıtlanmış daha fazla kimyasal kirletici saptıyoruz.

Bunları bilmek bir bakıma cesaret verici, çünkü çevre kirlenmesini denetleyerek kanseri yok edebileceğimiz ümidini veriyor. Ama, bunu başarmanın da zor olduğunu biliyoruz. Örneğin sigara alışkanlığı yaygınlığını koruyor. Kanserlerin en kötülerinden, yılda 100.000 kurbanı olan akciğer kanserinin, en önemli nedenlerinden birinin tütün olduğu onbeş yıldır bilindiği halde, hükümet tütün endüstrisini destekliyor.

Yakın Nedenler, Uzak Nedenler

Virüs, mutasyon ve çevre etkilerinin birbirleriyle çatışmadığı veya çelişmediği anlaşılmış olmalı. Mutasyon ve virüs doğrudan doğruya DNA'nın değişmesiyle kansere neden oluyor. Ama mutasyonlara birşeylerin neden olması gerek (çevreye dağılan kimyasal maddeler, bedenemize girip DNA'nın değişmesinde suçlu olabilirler.) Bu anlamda çevredeki kimyasal maddeler uzak bir neden, mutasyon ve virüs ise daha yakın nedenlerdir.

Wisconsin Üniversitesinden James ve Elizabeth Miller, kansere neden olabilen kimyasal maddelerin özelliklerini saptadılar. "Karsinogen" denilen bu maddelerin bedendeki ortak özelliği, DNA, RNA ve proteinlere bağlanabilen maddelere dönüştürülmeleridir. Böylece, çevremizde kansere en çok neden olabilen ne varsa, hücre içinde sınırlı özelliklere sahip, ama etkileri aynı bir grup madde haline geliyorlar. O zaman karsinojenlerin bedenimizde üretildiğini söyleyebiliriz: kendi bedenimizde, zararsız kimyasal maddelerden öldürücü maddeler yapabiliyoruz. Miller'in çalışmaları, aynı zamanda bazı hayvanlar kansere yakalanırken, neden aynı kimyasal maddeyi alan diğerlerinin etkilenmediklerini gösteriyor. Kansere yakalananların hücrelerinde, bu maddeleri karsinojen maddelere çevirebilen enzimler varken, bazı hayvanlarda bu enzimler bulunmuyor.

Çevre kirlenmesi kansere yol açıyor diye, kanserin yakın sebepleri üzerine de araştırma yapmayı bırakmak çok yanlış olur. Çevremizi nasıl olursa olsun denetleyebileceğimiz konusunda hiçbir güvencemiz yok. Ayrıca kanser tehlikesi, salgın endüstrileşmenin çevremizi zehirlemesinden önce de vardı. Kanserden korunma ve tedaviyi gerçekleştirmek için en

sağlam yol, hücre içinde bu öldürücü değişim gerçekleşirken neler olup bittiğini ayrıntılı olarak öğrenmektir.

Kanserin İlerlemesi Durdurulabilir mi?

Belirli bir kanserin hücreleri yeniden normal hale dönebilirler! Bu, kanser her zaman geri dönüşü olmayan bir durum değildir anlamına geliyor. Kanser hücrelerinin normale dönmeleri için de potansiyel bir olasılık var. Bu söylediklerimiz, Dr. Beatrice Mintz'in Philadelphia'da Fox Chase Kanser merkezinde yaptığı deneylere dayanıyor. Teratoma denilen kanser çeşidi, laboratuvar kaplarında büyütülen erkek fare embryolarına veriliyor. Sonra bu embryolar, bir farenin rahmine yerleştiriliyor ve doğum bekleniyor. Sonuçta doğan yavrular, kendi hücreleriyle, şimdi normal davranan teratoma hücrelerinin bir karışımıdır. Eski kanser hücrelerinin varlığı, genlerinin çalışmasından saptanabiliyor; örneğin siyah tüylü ana baba fareden doğan yavrular, tüylerinde kanserli hücrelerdeki genlerin belirlediği beyaz lekelere sahip olacaklar. Şimdi normal davranan bu hücreler, kanser hücresi oldukları dönemde hiç yapmadıkları işleri yapmaya başlıyorlar. Buna göre, embryodaki hücre çevresinin hem kanseri baskı altına alıp, hem de normal davranışı desteklediği görülüyor. Embryodaki kanser hücreleri, çevrelerindeki normal hücrelerden bağımsız olarak kalıyorlar, yalnızca kanser özelliklerini kaybetmişlerdir. Büyüyor ve genlerini, aslında kendilerinden türedikleri normal fare hücreleri gibi ifade ediyorlar.

Bu bulguların nereye kadar genellenebileceğini bilmiyoruz. Deneyler yalnızca teratoma denilen özel kanser tipi için bu sonuçları veriyor. Yine de teratoma deneyleri, kanserin büyümesinin denetlenmesinde bir parçacık daha ipucu sağlaması yönünden önemli. Burada kanser hücreleri, gelişen embryoda normal olarak bulunan koşulların etkisiyle, normal hücreye dönebiliyorlar. Bu, kuşkusuz içeriği yönünden zengin bir buluş.

Başka daha yapay şeyler de kanser hücrelerinin büyümesini durdurabilir. X-ışınları veya diğer radyasyon çeşitleri, kanser hücrelerini öldürebilir. Ayrıca, bugün insanlarda kanser hücrelerinin büyümesini durdurmak veya yavaşlatmak için, çok kullanılan bir sürü kimyasal madde var. Hücrelerin işlevlerini yerine getirmesinde önemli düzenleyiciler olan hormonlar da kanserin büyümesini geciktirmede etkili oluyorlar. Hastaya verilen maddelerin çoğu, kanser hücreleri için hayati önemi olan bir takım işlere karışıyorlar. Ne yazık ki normal hücrelerde de benzer etkilemeler yapıyorlar. Buna göre doktorun; ilaç, radyasyon ve ameliyat tedavilerinde,

kanser hücrelerini öldürüp, hastanın normal hücrelerine en az zararı verecek bir birleşimi bulması gerek. Bu son yaklaşımla, gittikçe daha çok başarı elde ediliyor. Kanserin nedenleri sürekli araştırıldıkça, başarılı tedaviye ulaşabileceğimizi veya bütün kanser biçimlerini baştan engelleyebileceğimizi ümit edebilmek için çok neden var. İyimserliğimiz, kanserin bir hücre hastalığı olması gerçeğine dayanıyor. Hücreleri anlamada büyük gelişmeler oldu ve kansere dışarıdan bakılınca, birçok nedeni varmış gibi görünüyorsa da, konunun içinden bakıldığında, tetiği çeken bir tek mekanizma olması akla yakın geliyor.

IX. BÖLÜM

Araştırma

Bu kitapta sizinle paylaştığım bilginin çoğu, insanlar tarafından, evrim süresinin çok ufacık bir bölümünde, son birkaç yüzyılda bulundu. Yeryüzünde canlıların görülmeye başlanmasından bugüne kadar geçen zamanı, takvimimizin bir yılına sıkıştırabilseydik, insanoğlunun en çok bilgi topladığı dönem bu yılın yalnızca birkaç saniyesi kadar sürecekti. Biz insanlar bu kadar kısa bir zaman içinde kendimiz hakkında bu kadar çok şey öğrenmeyi nasıl becerdik? Bu olgunun insanın, başka alanlarda gerçekleri arama tutkularıyla ilişkisi nedir? Son bölümümüzde bunları ele alacağız.

Bilgi Toplama İşlemi

İnsanların başarmış olduğu şaşırtıcı bilgi birikiminin kökleri herşeyden önce içimizde doğuştan var olan o yılmaz merak tutkusu ve doymak bilmez açıklama arzusundadır. İlk çağlardan beri, bizi kuşatan bilinmeyenlerin gizemini, onu anlamaya çalışarak yok etmeye çabaladık. Bilinmeyen, ister barınak yapmada olsun; ister savaşta, tarımda, denizcilikte veya yeni karaları keşfetmede, bütün insan uğraşlarında istenmeyen bir yoldaştır. Başarılı bilgi toplamanın armağanları ise şunlardır: belirsizlik, şüphe ve korkuya son vermek; olguları anlamanın rahatlığı, önceden tahmin edebilmenin zevki düzen gereksiniminin sağlanması, iyi düzenlemeler yapabilmek ve güç; doğayı kontrol edebilecek güç.

Gözlem

Merak, araştırma yapmak biçiminde eylem doğurur. Ateş çıkartabilmek için taşları birbirine sürterken, dünyanın alt ve üst ucuna ulaşmak için bir köpek kızağını yüzlerce mil buzda sürerken, dağlara tırmanırken veya denizin derinliklerine dalarken, uçmak için araç yaparken, kalıtım üzerine bilgi edinmek için binlerce meyve sineğinin davranışını ve görünüşünü sabırla saptarken, DNA'nın yapısını kavramak için karton ve tellerle modeller yaparken keşfe çıkıyoruz. Araştırmak gözlem yapmak demektir; hissetmek, duymak, koklamak, tatmak, tepki göstermek, işitmek, sormak. Gözlemlediğimiz şeyleri unutmayalım, kaybetmeyelim ve başkalarına da eksiksiz aktarabilelim diye yazıyoruz.

Fikirler

Merak ve bilgi toplamak, bilinmeyeni bilinir yapmak için yeterli değildir. Başka hayvanlarda da merak vardır ama bilgi biriktirmezler. Bizim herşeyin nedenini arama özelliğimiz, fikir üretme yeteneğimizle ve fikirlerimizi deneyle sınayabilmemizle birleşir. Bir fikir (teori veya hipotez) gözlemleri, anlamı olan düzenlere sokar, gerçeklerin birbiriyle bağıntılı olabileceği noktaları öngörür. Düşünce, anlamı olmayan şeylerden anlam olanları çıkarmaya çalışır. Size üzerinde bilgi verilmiş olan bir durumu düşünün. Diyelim ki bir haber bülteni dinliyorsunuz. Zihniniz çabucak gerçeklere bir anlam vermeye çalışacak, onları daha geniş bir çerçevede belirgin bir yere yerleştirecek, gerçekler arasında bağlantı nedenleri önerecektir. Örneğin kısa bir süre içinde batan veya yaralanan petrol tankerlerinden çevreye petrol yayılması gibi birbirine benzer birkaç olay görülse, bunlara bir ortak neden yakıştırmaya çalışabilirsiniz. Zihin, raslantıdan hoşlanmaz. Bir neden bulmaya çalışmakta, niçin olduğunu sormakta diretir.

Fikirler, beynimizin çok ilginç düşleme yeteneğiyle karmaşık bir biçimde bağıntılıdırlar. Düşleme, olabilecek iç bağlantıları gözümüzün önüne getirebilmemizi sağlar. Kafamızda bir resim şekillenince, gözlemlediğimiz olay üzerine teorik bir açıklama buluruz; bu sınanmamış bir fikirdir.

Fikirleri Sınamak

Bir fikir, tek başına ne kadar akıllıca olursa olsun yalnızca sizin kafanızdadır. Zihninizin bir yaratmasıdır, tıpkı toprağın bir çiçek veya çalı üretmesi, ateşten duman çıkması gibi. Her zaman doğru olması gerekmez; bu anlamda, yaşamına tatsız ve dayanıksız bir başlangıç yapmıştır. Fikirler deneyle kanıtlanılınca sağlamlaşıp yönlendirilirler. Bir fikrin, gerçeğin karşılığı olup olmadığını anlamak için, onun doğayla gerçekten uyuşup

uyuşmadığını sınamamız gerekir. Doğanın gerçeklerine uygunluğunu anlamanın en iyi yolu ise size bir şeyi önceden tahmin edebilme olanağı sağlayıp sağlamadığına bakmaktır. Fikriniz belirli şeylerin nedensel bağlantıları olduğunu önerebiliyorsa, bir sınama uygulandığında, önceden bilinebilen bir şey gerçekleşebilir. Beklenen şey olmazsa fikir yetersizdir. Yetersiz veya yanlış bir fikrin mutlaka fena bir fikir olması gerekmez. Sizin bir dizi deney yapmanıza yol açabilir. Bunlar fikrinizin yanlışlığını kanıtlasa bile yeni ve daha gerçek bir öneriye yönelebilirsiniz. Bundan önceki bölümde anlattığım bitkiler üzerine deneylerim, yanlış bir fikre dayanılarak, başlanmış olsa bile, bitkinin büyümesinde berilyumun kısmen magnezyumun yerini alabilmedeki şaşırtıcı yeteneğini ortaya çıkardı.

Diyelim arabanızın motoru çalışmıyor. Motor kapağının altında bir incelemeden sonra, bozukluğun benzin pompasında olduğu kanısına varıyorsunuz. Pompayı değiştirirseniz, motorun çalışacağını öne sürüyorsunuz. Eğer bu gerçekse, o zaman düşünceniz dikkate değerdir. Çünkü önermeniz doğrudur. Düşüncenizi bu örnek dışında sonra da genelleyebilirseniz daha fazla değer kazanır. Bir dizi bilinen özellikler gösteren her bozuk araba, benzin pompasının değiştirilmesini gerektirecektir.

Fikrinizi sınama yolumuz bir deney yapmaktır. Bir fikir yalnızca üzerinde yapılması düşünülen deneyin iyiliği ölçüsünde değerlidir. İyi deneyler, arabanızın benzin pompasını değiştirmenizde olduğu gibi basit olabilirler veya daha geniş hayal gücü ve yaratıcılık gerektirebilirler. İyi bir model sisteminin seçilmesinin büyük önemi vardır. Örneğin, insanlarda kalıtım üzerine gözlemlerden bir sürü açıklayıcı fikir üretildi, ama bunların yalnızca birkaç tanesi doğrudan doğruya deneye vurulabildi. İnsanlardan daha basit, onlardan daha çok elegelen (denetlenebilen) ve bir kuşağı otuz yıl yerine, birkaç saat süren model sistemlere gerek vardı. Sonunda bezelyeler, meyva sinekleri, ekmek küfü ve bakteriler, insan genetiğini anlamamız için temel bilgiyi sağladılar.

Yinelenen Deneyler

Öngörülenleri doğrulayan bir deney keyifli bir iştir, özellikle de deneyi yapan kendinizseniz. Ama iş henüz bitmemiştir. Bilim adamlarının deneylerini, herhangi bir hata olasılığını ortadan kaldırmak için tekrarlamaları gerekir. Meslektaşlarının fikirlerini sormalı, deneylerdeki sakıncaları bulmalarını rica etmelidirler. Bilimsel toplantılara katılıp

eleştirici meslektaşlar topluluğuna bulgularını sunarlar. Sonunda, uluslararası bilim topluluğunun da öğrenip, deneyleri yineleyebilmesi için yeterince ayrıntılı bir biçimde yayınlarlar. Çoğu bilimsel buluşlar, aynı deneyler birkaç bilim adamı tarafından tekrar yapıldıktan sonra herkesce kabul edilir hale gelir. Ancak o zaman fikirlerimizin gözlemlerimize verdiği anlam gerçek haline gelir.

Bunların hiçbiri kolay değildir. Bilim adamlarının öğrendiği en önemli gerçek, bir şeyin doğruluğunu sonuna kadar kanıtlamanın ne kadar zor bir iş olduğudur.

Beklenmeyene Hazır Olmak

Size, herhalde tamamen mantıksal olduğunu sizin de kabul ettiğiniz bir süreci anlattım. Şimdi de bu işte beklenmedik şeylerin, insanı hayal kırıklığına uğratacak kadar sık olduğunu söyleyebilirim. Beklenmedik sonuçların bunca sık olmaları nedeniyle, bilgi toplayıcının başka bir niteliği de sürprizlere karşı uyanık olmaktır. Beklenmedik bulgular, özgün fikrin yanlışlığı olasılığına karşın, deneyin yanlış tasarlanmasından da kaynaklanabilirler. Yanlışlık, çok ufak önemsiz nedenlerden de doğabilir. Ama hepsinin üstünde sürpriz, bilimin kendine özgü doğası gereği beklenmelidir. Bilimin konusu, ne de olsa bilinmeyendir.

Bir Buluşun Öyküsü

Bir hastalık bakterisini, laboratuvarda cam kabın dibinde, jöle gibi maddenin üzerinde üretiyorsunuz. Bir sabah laboratuvara giriyorsunuz ve deney kaplarından bir tanesinin farklı göründüğünü saptıyorsunuz. Aslında hepsinin şöyle görünmesi gerekiyordu:

Kaptaki noktaların herbiri tek hücreden üremiş bir bakteri kolonisidir. Ama bu kapların biri şimdi aşağıdaki gibidir:

Hiç bakterinin üremediği büyük bir açıklık var. İlk tepki, bekleneni yapmayan kabı atmak. Önce bu beklenmedik ve sinirlendirici gözlemi zihninizde şöyle bir tartıyorsunuz. Biliyorsunuz ki bakteriler bir nedeni olmadıkça kapta böyle bir boşluk bırakmazlar. Öyleyse o boşlukta bakterinin üremesini engelleyen bir şey var. Bu, bir gün önce kabın kapağını kaldırdığınızda içine düşmüş zehirli bir madde olabilir mi? Pencerenin açık olduğunu, odanın biraz tozlu olduğunu hatırlıyorsunuz. Kaba bir toz parçasıyla gelen zehir, kapta her yöne yayılarak, bakteri büyümeyen yuvarlak alanı oluşturabilir. Bu fikri sınamak için, odanın çeşitli

yerlerinden toz örnekleri alıp, yetiştirdiğiniz yeni bakterilerin kaplarının ortasına ufacık toz parçaları atıyorsunuz. İki gün sonra bakterilerin normal geliştikleri görülüyor.

Yeniden başa dönmüş oldunuz! Bu sefer dikkatinizi bir sıranın arkasında kalmış, çok eski küflenmiş bir fıstık ezmeli sandviç çekiyor. Heyecanlanıp küflü sandviçten bir şeylerin kaba ulaşıp bakterileri zehirlediğinden kuşkulanıyorsunuz. Fıstık ezmesinden ve ekmekten ufacık parçalar alıp, tozlarla denediğiniz gibi bunları da bakterili kaplara koyuyorsunuz. İki gün sonra kabın görünüşü şöyle:

Nefretle kapları ve sandviçi kapıp çöpe atıyorsunuz. Ellerinizi yıkayıp bu pis işten kurtulmayı düşünüyorsunuz. Bu arada ellerinizden birinde, mutlaka küflü sandviçten bulaşmış, ufak, mavimsi yeşil bir leke dikkatinizi çekiyor. Birden aklınız başınıza geliyor. Acaba o kaba ekmeğin küfü mü bulaştı? Çabucak sandviçin küflü kısmından ufak bir parça alıp, bunu bakterinin üzerine bir kaba koyuyorsunuz. Bundan sonraki kırksekiz saat geçmek bilmiyor. İçinizde bir şeylerin olacağı gibisine bir his var. Nihayet bir şeyler oluyor da.

Ekmek küfü, hastalık yapan bakterilerin üremesine izin vermiyor.

Bu ufak öykü, daha önce anlattığımız bilimsel buluş yapmanın bazı özelliklerini örnekliyor.

Bunu burada keselim. Olabilecek en iyi sonucu vermiş olan gerçek bir öykü var bizim öykümüze benzer. Sir Alexander Fleming, bildiğimiz kadarıyla fıstık ezmeli sandviçlerle ilgili olmadığı halde, yukarda anlattığıma benzer bir şekilde penisilini buldu.

Yine Avery'nin Ünlü Deneyi

İsterseniz, DNA'nın kalıtımın temel malzemesi olduğunu kanıtlayan Avery'nin deneyine dönelim. Şimdi ikinci bölümden anımsayacaksınız, Avery bir model sistem kullanmıştı: Zatürree yapan bakteriler. Ölü zatürree bakterilerin salıverdiği bir molekül karışımın, zararsız bakterileri zatürree yapan bakterilere dönüştürdüğünü gözlemlemişti. Kanısınca, karışımdaki hastalık yapan moleküller, DNA'ydı. Tasarladığı ilk deney, ölü bakterilerden dağılan moleküllerin karışımına DNA'yı çözen bir enzim katmaktı. Aktif neden DNA ise enzim katmak, karışımın zararsız bakterileri zatürreeye neden olan bakterilere dönüştürme yeteneğini bozacaktır, düşüncesini öne sürüyordu. Sonunda elde edilen de tamı tamına buydu. Bu çok basit deney,

öngörüleni doğru çıkardıktan başka, kendisinden sonraki bilimsel deneyleri çokça etkileyecek bir gerçeği de ortaya çıkarmıştı. Bu noktadan sonra, kanıtları sağlamlaştırmak için daha yapacak çok şeyimiz olsa da DNA'nın kalıtımın temel malzemesi oluşundan kuşku duymak için pek neden kalmamıştı.

Bilimin Sınırları

Fikirlerin, çoğunlukla sınanabilecekleri deneyleri çağrıştıran öneriler olduklarını söylemiştik. İnsan belirli olayların nasıl gelişebileceğini önceden düzenli olarak söyleyebildiği zaman, tahminlerin dayandığı fikirler, herkesin kabullendiği gerçekler haline gelir ve bunlara "doğanın kanunları veya prensipleri" denir. Bunlar bu kitapta tartıştığımız gerçeklerdir. Diğer yandan günlük yaşantımızda, sosyolojide, psikolojide, felsefede, sanatta ve dinde "iyi" fikirler olarak nitelediklerimizin parlak, özgün ve zekice dediklerimizin, bilimin kriterlerine göre ille de iyi olmaları gerekmez. Çünkü bu fikirlerin çoğu, deneyle sınanabilmek için çok karışık olan olgulardan kaynaklanmaktadırlar. Bu fikirlere dayanan tahminler, bazı rastlantılar dışında, çoğu zaman önerenin beklediği şekilde gerçekleşmezler.

Büyük bir ressamın bir resmiyle "gerçeği" açığa çıkardığını, psikoloji ve psikiyatrinin insan davranışının gerçeklerini gösterdiğini, dinbilimcinin Tanrı'nın varlığı gerçeğini keşfettiğini söyleyebiliriz. Burada "gerçek" sözcüğünü bilimde kullanıldığından farklı anlamda kullanıyoruz. Daha önce tartıştığımız kriterlerden hiçbiri böyle durumlarda uygulanamıyor. Bu durumlarda sözkonusu olan şeyin, birçok insanda bir gerçeğin açıklandığı gibisine içgüdüsel bir duygu doğuracak açıklamalar olduğunu söylememiz daha doğru olur. Ama birçokları da bu duyguyu paylaşmayacaktır. Bu gerçeklerin evrensel geçerliliği olduğu söylenemez.

Kuşkusuz, insanların karmaşık davranış ve değerlerinde fikirler çok bol, "bini bir paraya"dır. Bunları, hepimiz, özgürce, çevremizdeki şaşırtıcı insan düşünce ve eylemlerinden anlamı olan bir şeyler çıkarmak amacıyla üretiyoruz. Böyle fikirler, kısmen de tartışılamaz, sınanamaz olmaları nedeniyle bol bol üretiliyora benziyorlar. Bazıları aksi kanıtlanamadığı için çekici gelirken, bazıları da doğruluklarının kanıtlanamaz olmasıyla iticidirler. Tarih boyunca, insanın düşünce ve araştırmalarının bütün alanlarında işin çetin yönü, sınanabilir fikirler ortaya atmak olmuştur.

İnsanın ikilemi, biraz da kişisel ve toplumsal eylemlere, sınanmamış fikirlere dayanarak girişme zorunluluğundan kaynaklanır. Kişiler ve

hükümetler, bilgimizin sınırlı olduğu konular üzerine karar almak zorundalar. Bunu böylece kabul ettikten sonra bile politik kararların el altındaki bilgi çerçevesinde rasyonel olabilmeleri bir bilgelik sorunudur. Rasyonalizmin (akılcılık), bilimsel prensip ve yöntemlerin, bilimin çoğunlukla çözmek için seçtiklerinden daha büyük problemlere uygunlanması olduğu söylenebilir.

Bilimin, insan davranışıyla ilgili daha karmaşık alanlardan üstün olduğunu kastetmek istemiyorum. Bilim, yalnızca daha basit, daha küçük sorular sorarak, bilinçli olarak, araştırmayı sınırlar. Bir sürü küçük soru bir sürü küçük yanıtı doğurur. Bunların herbiri anahtar deneyleri tekrarlamak zahmetine katlanacak her şüphecinin (skeptik) geçerliliğini onaylayacağı cinstendir. Kısacası bilim kendi sınırlarını koyar: Öne sürülen gerçeklerin deneyle sınanabilir olmasını, aksi halde öne sürmeye değer olmadıklarını kabul eder. Sağlamca biriktiği ve kalıcı olduğu için, bu tür gerçek elde etmenin, uzun dönem içinde, insan yaşamı üzerindeki etkisi çok büyük olmuştur.

Akıl Hastalığı ve Kimyasal Beyin

Kendi zihinlerinin çalışması çok eski zamanlardan beri insanları büyülemiştir. Akıl hastalığı bizi hem heyecanlandırmış, hem kafamızı karıştırmış, her zaman da acele bir açıklamaya gereksinme duyulmuştur. Geçmişte akıl hastalığı; tanrılara, şeytana, karmaşık toplumsal ve ailevi ilişkilere bağlandı. Daha önce de belirttiğimiz gibi, bu açıklamalar çok ender olarak deneyle sınanabilirler. İnsan bilincinin çalışması, birçok bakımlardan şimdiki bilimsel yöntemlerle yaklaşabilmemiz için fazla karmaşıktır. Buna rağmen, yaygın olarak kabullenilmiş bir çok fikir, yanlışlarıyla birlikte, psikiyatrik tedavinin temeli sayılabiliyor.

İnsanın akıl hastalıklarıyla ilgilenişinin tarihinde, bazı aksilikler ve beklenmedik sapmalar vardır. Bu örnekler, beklenmeyen şeylerin ortaya çıkışı üzerine söylediklerimizi doğrular. Akıl hastalığının kendine has özelliklerini anlamak ve çeşitli psikoterapi yöntemleriyle tedavi edebilmek için insan, çok uzun yıllar, umduğu başarıyı elde edemeden uğraşıp durmuştur. Sonuç olarak, insan davranışının birtakım kimyasal maddelerle değişebileceğini gösteren bir sürü bilimsel bulgu birikmiştir. Canlıları yaşatanın kimyasal işlemler olduğunu gösteren bütün diğer kanıtlarla birlikte, durmadan artan sayıda doğal ve sentetik kimyasal maddeler, akıl hastalığı belirtilerinde etkileyici bir azalmaya yol açıyorlar. Amerikan

toplumunda kimyasal maddelerin, uyuşturucu ve keyif verici olarak yaygın kötüye kullanımı dahi, zihinsel işlemlerin kimyasal temelini vurgulamaktadır.

Yıllar önce, pellagra denilen bir psikozun, B vitamini alınarak tümüyle ve sürekli olarak kaybolduğu anlaşıldı. Araştırmayla, esrarlı bir akıl hastalığı, basit bir vitamin eksikliğine dönüşmüştü. Araştırmacılar, başka bir ciddi ve çok yaygın şizofreni benzeri psikozun da bir antibiyotikle tedavi edilebildiğini buldular. Bu psikozun sebebi frengi idi.

Yirmi yıl kadar önce de manik-depresif psikozun ortaya çıkmasının, ağızdan düzenli olarak alınan basit bir tuzla, lityum karbonatla önlenebildiği bulundu.

Kısa bir süre içinde, bu çok yaygın kötü hastalığın belirtileri, birdenbire tedavi edilebilir duruma geldi. Lityumun mani ve depresyon üzerine etkisi, beyin kimyası bilgisinden kaynaklanan bir öneriyle değil, deneysel gözlemle saptandı. İlginç bir noktayı belirtmekte yarar var; lityum, sodyumun çok yakın akrabasıdır ve sodyumun, beynin işlemesinde gerekli olduğu, bilim adamlarınca çok uzun zamandan beri biliniyor. Ama henüz lityumun etkileme biçimini bilmiyoruz.

Kimyasal maddelerin etkileri üzerine çoğunlukla raslantıya dayanan buluşlar, bilim adamlarının, insan davranışını ayrıntılarıyla incelemeye yönelmelerine yol açmıştır. Sonuç, akıl hastalarının üzücü belirtilerinde etkin bir azalmanın görülmesidir. Bu çeşit gelişmelerin sürmesini bekleyebiliriz.

Temel Araştırma Ve Uygulamalı Araştırma

Bu kitapta "bilim" ve "araştırma" sözcüklerini, temel araştırma yani yeni bilgiler elde etmek için keşfe çıkmak anlamına kullandım. Araştırmanın, uygulamalı araştırma veya teknoloji dediğimiz temel araştırmalara dayanılarak elde edilen bilgiyi, insan ihtiyaçlarının karşılanmasında uygulayan çok daha geniş bir dalı var.

Temel ve uygulamalı araştırma yapmak birbirinden oldukça farklı. Uygulamalı araştırmalarda temel bilgi el altında bulunduğundan, ulaşılması istenen özel üretim amaçları önceden belirlenebilir, araştırmacı gruplarına belirli görevler verilebilir, anlaşmalar yapılabilir. İşadamları böyle bir projeye sermaye yatırabilirler. Örneğin, Ay'a ve Mars'a araç göndermeyi

planlamak ve araç yapmak veya çok büyük miktarlarda çocuk felci aşısı üreterek topluma bağışıklık sağlamak, bu tür girişimlerdir.

Temel araştırmaysa, aksine, bilinmeyenin incelenmesidir. Yol gösteren yoktur. Araştırmacı, aklı, düşgücü ve merakıyla başbaşadır. Beklenmedik olaylar olağandır ve araştırmacı bunlardan işe yarar şeyler çıkartmaya çalışmalıdır. Başlangıçta hiç zamanlama yapılamaz. Ortaya çıkan çalışma ancak birkaç yıl sonra değerlendirilebilir, bu arada bilim adamı yeteneğini ve hipotezlerini geliştirmeyi sürdürmelidir.

Uygulamalı araştırmacılar, bilinen prensipleri kendi özel amaçlarını gerçekleştirmekte kullanmak zorundadırlar. Temel aratırmacılar ise bunların dayanacağı prensipleri bulur.

Teknolojinin durmadan ilerleyen yeni bilgi cephesi olmasaydı, zavallı ve aptal bir dev olacağını söylemeye gerek yoktur sanırım. Bugün Amerika'daki sağlık bakımına bir göz atmak durumun özelliğini kavramaya yeter. Temel araştırma, birçok hastalığın yok edilmesini ve tedavisini, bir dizi büyük gelişmeyle olanaklı hale getirdi. Ama geri kalan hastalıkların dizginlenmesi, henüz bilmediğimiz geniş bir alan oluşturuyor. Ancak yeni bilgiler elde edilmesi, kanserin ilerlemesini, kalp hastalıklarını, enfarktüsü, genetik hastalıkları ve benzerlerini durdurabilir. Uygulamalı araştırma, sürekli daha ayrıntılı ve pahalı makineler yapıyor. Bunlar ancak birkaç hastanın yararına kullanılabiliyorlar. Fakat kaçınılmaz olarak gittikçe hepimize daha pahalıya mal oluyorlar. Kanser ameliyatı, yapay böbrek makinesi (dializ), yapay kalpler, benzer tedavi araçları bilinen yeni temel prensiplerin yaratıcı uygulamalarda kaynak olduğu birçok durum; hastalıklar üzerine bugünkü temel bilgimizin yetersizliğinden doğan boşluğu doldurmaya çalışan pahalı tamponlardır.

Amerikalıların tıbbi ve koruyucu sağlık bakım masrafı, şimdi yılda 200 milyar doları aşmakta ve bu miktar durmadan artmaktadır. Yine de bu sağlık faturasının sadece yüzde 1/2'si, hastalıkları yenmek için gerekli bilgiyi üreten temel araştırmanın desteklenmesine harcanmaktadır.

Bilimin Desteklenmesi

Temel tıp araştırmasına sağlanan sınırlı destek, Amerikan hükümeti tarafından yeterli ve dikkate değer bir açlıkla yönlendiriliyor. Öğrenim kurumları ve kuruluşlar, yetenekli öğrencilere hem mezuniyet öncesi, hem sonrası eğitim için burslar veriyorlar. Bu, öğrenciye kendisinin seçtiği bir

yönetici öğretmenle laboratuvarda, öğrenimi bitip uzmanlık alanı belirlenene kadar çalışma olanağı sağlıyor.

Öğrenci, bundan sonra bir üniversitede veya bir araştırma kurumunda çalışan, bağımsız bir araştırmacının yanında işe girmek için başvurabilir. Başvurusu, genç bilim adamının uğraşmak istediği problemle ilgili kesin durumunu belirler; fikirlerini, tasarladığı deneyleri, işinin insan sağlığı için önemine inancını, bütün yeteneğini ve düşgücünü toplayarak geleceğini çizer.

Başvurular hükümete danışmanlık yapan bir grup bilim adamı tarafından incelenir (bu iş "gözetleme-inceleme" olarak bilinir). Bilimsel yetenekler tartılarak, başvurular öncelik sırasına sokulur. İşe alma, her yıl Kongrenin ayırdığı fonlar tüketilene kadar sürdürülür. Bursu kazandıktan sonra, araştırmacı çalışmasını istediği gibi yürütmekte ve sonuçlarını yayınlamakta oldukça bağımsızdır.

Bu sistem temel araştırmayı desteklemek konusunda herhangi bir yerde uygulanan sistemler içinde en iyisidir. En çok ümit veren projelerin seçilmesini sağlama alır, bağımsız çalışmayı yüreklendirir, diğer yanda bilim adamını hesap verme durumunda tutarken, incelemelerde gerekli esneklik için ve beklenmedik olayların araştırılması yeterli payı da bırakır.

Bilginin Kullanım Alanları

Bilgi ve sağlanması yöntemleri (bilim), ahlak açısından tarafsızdır. Doğanın gizleri, insanların kendilerini keşfetmelerini bekliyor. Ama toplumun bilgiyi kullanışı, ahlak açısından çok ender olarak tarafsızdır; çünkü bilgi güç kaynağıdır ve hem iyiyi hem de kötüyü yapmak için güçlü olma isteği, insanlığı başlangıcından beri şiddetle sarmıştır. Yalnızca sağlık alanındaki bilgi susuzluğumuz bile, yaşamdan beklentilerimizde etkileyici artışlara yol açmıştır. Kadınların çocuk doğurmalarını denetleyebilme olanakları, veba, kolera, tüberküloz, çocuk felci, çiçek ve difteri gibi hastalıkların yok edilmesi, vitaminler ve beslenmedeki genel ilerlemeler, tıpta hastalık belirtilerinin bulunmasında ve tedavide X-ışınlarının kullanılması, sayısız bağışıklık sağlayıcı, hormonal, nörolojik, genetik aksaklıkların önlenmesinde ve tedavisindeki ilerlemeler vb. kuşkusuz tıp bilimi için anıtsal bir birikim oluşturuyor. Ve temel bilimde, bu kitapta sözü geçen çok önemli son gelişmeler yüzünden, kanser, genetik hastalıklar ve kardiyovasküler hastalıklar gibi önemli insan hastalıklarını, daha etkin tedavi edebileceğimize veya tümüyle ortadan kaldırabileceğimize

iyimserlikle bakmak için her türlü nedenimiz var (hükümetin politikası izin verirse).

Diğer yandan karanlık görünen bir konu var. Dünyanın toplam DNA dağarını gittikçe artan nükleer araçlarla tehdit ediyoruz; suyumuzu, besinimizi ve havayı tehlikeli bir sayıya ulaşan endüstriyel kimyasal maddelerle zehirleyip kirletiyoruz; bütün yaratıkları güneşten gelen öldürücü radyasyondan koruyan ozon tabakasını bozuyoruz; doğum kontrolü yöntemleri olduğu halde, yeryüzünün besleyebileceğinden daha fazla çocuk yapıyoruz. Öyle görülüyor ki insanlar, ulaşılabilecek en yüksek mutluluğu ve en derin ızdırabı elde etmek için kendi kendileriyle yarışıyorlar.

Bilimsel Araştırma Düzenlenmeli midir?

Kısaca bilim, bilinmeyene ışık tutmak, doğada zaten var olan şeyleri açığa çıkarmaktır. Ama ivedi bilgi elde edilmesi insanlara ve hükümetlere güç sağlıyor; bilginin toplumun değerlerine göre iyiye veya kötüye kullanılması olası. Özgür bir toplumda, kötüye kullanılmayı önleyip iyiye yönelişi yüreklendirmek istiyorsak, çözümü insanların değer yargılarında aramalıyız. Bunun yolu bana çok açık geliyor. Diğer yanda, bilimi baskı altına almanın daha kolay bir yol olduğunu savunan bazı kimseler de var. Yalnızca kaynakları kısarak da amaçlarını gerçekleştirebilirler, çünkü çağdaş araştırmanın çok pahalı olduğu bir gerçek. Ama biyomedikal araştırmayı sınırlamayı denersek, sonucu hızla görebiliriz. İnsanlar, kendilerini etkileyen hastalıkları anlamaya çalışmaktan alıkonamazlar. Eğer yeni bilgiler elde etmek için yapılan araştırmalar sınırlanırsa, yalnızca uygulamalı araştırmaya yönelerek, elimizdeki bilgiyi kullanmayı sürdürebiliriz. Örneğin, çocuk felci aşısını elde etmemizi sağlayan temel araştırmamn yapılması önlenmiş olsaydı, çocuk felci kurbanları için yeni ve daha iyi aletler bulacaktık, daha büyük ve karmaşık demir ciğerler vs. yapacaktık. Yeni bilgi elde etmek için araştırmanın bırakılmasının ve elimizdeki bilgiyle yetinmeye zorlanmanın neye varacağını söylemek mümkün; tıp yalnızca mekaniğe indirgenecek, tıkanacak, fiyatlarsa artmayı sürdürüp hastalar kötü duruma düşecekler.

Bugün biz tarihte hiçbir zaman görülmemiş bir olgunun, son kırkbeş yıllık hızlı gelişimin, güncel insan hastalıklarına uygulanmasının eşiğindeyiz. İyiye gidiş, başka bir deyişle insanların acılarını azaltacak daha hızlı bir gelişme için elimizde çok büyük potansiyel var.

Tıp Araştırmalarında Yararlılık ve Risk

Son zamanlarda kamunun ilgisi, yeniden birleştirilmiş DNA veya genlerin birbirine dolanması üzerine deneylerin, insana zararlı olabileceği tartışmalarına yönelmiştir. Beşinci bölümde gördüğümüz gibi, herhangi bir bitkinin veya hayvanın DNA'sını bakterinin DNA'sına katmak olası. Bundan sonra bakteri üreyip eklenmiş DNA'dan bir sürü kopye yapabilir. Burada bakteriler, yalnızca eklenen herhangi bir seçilmiş DNA parçasının kopyalarını yapabilen fabrikalar durumundalar. Biyologlar bu yönteme, genler üzerine bilgimizi arttırabilmek için şimdiye kadar bulunmuş en önemli yöntemlerden biri gözüyle bakıyorlar. Böylece genlerin yapılarını, çalışma-durma davranışlarının ayarlanışını inceleyebiliyoruz. Bundan önceki iki bölümde, embryogenesis ve kanser üzerine çözüm bekleyen "olgun" problemleri birlikte inceledikten sonra, bu yeni tekniğin çok geniş gen ifadesi problemini anlamadaki değerini gözünüzün önüne getirebildiğinizi umarım.

Bazıları şöyle sorular yöneltmişlerdir: Eklenen genler bakteriyi insan için tehlikeli olabilecek bir biçime sokabilir mi? Böyle deneyler, evrimi doğal gidişinden saptırıp, ilerde tehlikeli olabilecek yeni canlı biçimleri oluşturabilirler mi?

Hücrelerin kendilerine DNA eklenmesiyle değişebileceklerini görmüş bulunuyoruz: Örneğin Avery deneylerinde, hastalık yapan bakterilerin DNA'sı zararsız bakterilere verildiğinde, onları da tehlikeli bakteriler haline getirmişti. Ama böyle deneylerde gerçekleştirilen DNA-hücre bileşimleri, genlerin yapay eklemelerle birleştirilmelerine göre önemli farklar gösterirler. Avery deneylerinde yapılan yeni DNA bileşimleri doğaldı, hücrenin içinde bakterinin kendisi tarafından, tanışık olduğu genleri kullanarak gerçekleştiriliyordu. Yeni bir şey yaratılmıyordu (tehlikeli pneumococcus zaten yeryüzünün bir yaratığıydı). Öte yandan sonradan katmalı genler yapaydır; deneyci özel teknikler kullanarak herhangi bir DNA parçasını bakterinin DNA'sına dolar. Bu DNA bir sivrisinekten, bir filden veya bir insandan alınmış olabilir. Burada, en azından kuramsal olarak daha önce hiç görülmemiş, beklenmeyen sonuçlar doğurabilen, gerçekten yeni bir gen bileşimini yaratma olasılığı var. Bu nedenle bu dalda çalışan araştırmacılar, işlerini yaparken belirli önlemler alırlar. Daha fazla bilgi sahibi olana kadar bu hipotetik risklere karşı uyanık davranıyoruz. Raslantısal olarak ortaya çıkabilecek bir organizmanın bize zarar verip

veremeyeceğini, bu kitaptan öğrendiklerimizle değerlendirebilecek miyiz? Şunu rahatlıkla söyleyebilirim ki öğrendiklerimizin ışığında böyle bir olgu son derece olanaksızdır. Hatırlayacaksınız, hemen hemen her zaman bir organizmanın DNA'sında bir değişikliğin olması onun için zararlıdır; başka bir deyişle yaşamını sürdürebilme kapasitesinde azalmaya yol açar. Bir benzetme yapalım; Shakespeare'in oyunlarına rasgele eklenen cümlelerin onları daha iyi yapması pek olası değildir. Bu söylediklerimiz, sonuçta bir organizmanın evriminin DNA'daki "değişmelerle" olduğu, gerçeğiyle çelişmez; DNA'nın değişmesi veya DNA'ya ek yapılması gelişmeler üretebilir. Ama beşinci bölümde gördüğümüz gibi bu gelişmeler enderdir. Temelinde, DNA değişiklikleri ister mutasyonla, ister bizim dışardan bilerek eklediğimiz yabancı genlerle olsun, yaşamı sürdürebilme şansını azaltma özelliklerinden dolayı zararlıdır. Buna göre sonradan eklenmiş yabancı DNA'nın bir organizmayı tehlikeli hale getirmesi şöyle dursun, tümüyle tersi olur; hemen hemen her zaman organizmayı daha zayıf hale getirecektir.

Bir bakterinin DNA'sını değiştirmenin, hemen her zaman bakteriyi yaşamını sürdürebilme bakımından daha az uygun hale getirdiği genel gözleminin yanı sıra, bu araştırmalardaki risk payını daha da azaltan başka bir düşünce daha vardır. Evrim ve genetik bize, hastalık yapan organizmanın yapısının son derece karmaşık olduğunu söyler. Tifo, veba, difteri, tüberküloza neden olan bakteriler ve benzerleri, milyarlarca yıldır evrimin potasında dövülmüş çok karmaşık gen organizasyonlarıdır. Biz insanların, birkaç yıllık gen hokkabazlığı deneyiyle, doğal evrimden geçmiş genlere benzer genler yapabilmemiz olanağı düşünülemez.

Bir örnek... Virüsler bizim evrimsel geçmişimizde etkin hücre işgalcileri olup çıkmışlardır. Bunların DNA'ları hücre içine protein koruyucular içinde taşınır. Bir defa bir virüs DNA'sı bir hücrenin içine girdi mi, onun iç düzenini daha çok virüs üretmek üzere ayarlar. Virüsün DNA'sını çıkarsak ve bakterinin DNA'sına eklesek yararsız bir birleştirme yaptığımızı umarız. Bu öneri son zamanlarda sınanmıştır. Araştırmacılar, kansere neden olan virüsün DNA'sını alıp bakteri DNA'sına yerleştiriyorlar. Hücreleri bu virüsle kolayca kansere dönüşebilen farelere, kanser virüsü DNA'sı taşıyan bakteriler veriliyor. Ama fareler kansere yakalanmıyorlar. Sonuç; kuzu kılığında kurt DNA'sı işlemiyor.

Umarım bu kitabın önceki bölümlerinde, mutasyonların ve DNA karışımlarının raslantısal olaylar oluşu ve evrimin böyle olaylarla belirlendiği yeterince açık anlatılmıştır. İnsan denetimindeki DNA'nın üç milyar yıldır doğanın denetimindeki DNA'nın yanında bir anlamı olabileceği düşüncesinin, herhangi bir biyolojik kanıtlaması yoktur. Laboratuvarda DNA'ların karıştırılması da yeni bir olay değil. 1930'lardan beri bakterilere DNA ekleyip Avery'nin deneylerinde olduğu gibi kalıtımsal dönüşümler sağlıyoruz. Son yedi yıldır, yeni DNA karışımları deneyleri, önlem alınmadan sürdürülmektedir. Ve bu tür gen karışımımn doğada sık sık olduğuna inanmak için nedenlerimiz de var.

Açıkçası bütün insanların, hükümetin eylemlerini incelerken yararlılığa karşı riskleri tartarak seçme yapmaları görevleridir. Buna uygun bir örnek 1977'de, ABD'de Massachusetts, Cambridge'de DNA'nın yeni bileşimleri deneylerine bağlı olarak ortaya çıktı. Harvard Üniversitesinde gelişen yeni DNA bileşimi araştırmaları üzerine çıkan aşırı söylentilerden rahatsız olan kent meclisi, bir vatandaşlar komitesini uzmanlardan bilgi almak, problemi incelemek ve ona göre bir eyleme geçmek üzere görevlendirdi. Tümü sorumlulukla ve sıkı çalışan komite üyeleri, araştırmanın NIH'nin (Amerikan Milli Sağlık Kuruluşu) şart koştuklarının yanısıra, bazı akla yakın ek önlemlerle sürdürülmesini kararlaştırdı. Kent meclisi bunu kabul etti ve komite üyeleri hem kentte yaşayanların hem de bilim adamlarının takdirini kazandılar. Bu mutlu sonuç vatandaşların önemli bilimsel konuları anlayıp onlarla ilgili sorumlu kararlar alacağı inancını destekliyor.

Yeni DNA düzenlemeleri yapılması öyküsü şu soruları getiriyor: Eğer görülen riskler nedeniyle bilgi araştırması engellenirse, o zaman yalnızca riskli olmayan konuları mı inceleyeceğiz? Risksiz bilgi ne çeşit bilgidir? Bilinmeyeni araştırırken neyin tehlikeli olduğunu nereden bileceğiz? Ne güvenceli olabilir? Kuşkusuz hangi konuda olursa olsun, güvenceli çalışan araştırmacı sadece yan gelip yatan araştırmacıdır.

Gelecek

İnsanoğlu, kendi gelecek evriminin koşullarını yaratmıştır. Diğer canlı türlerinin hepsinin aksine, yalnızca biz kendi çevremizi geniş ölçüde biçimleyebiliyoruz (çoğu zaman da kendi zararımıza). Şimdi kaderimiz doğal çevrinin bize etkilerinden çok, bizim kendimizin dünyaya yaptıklarımızla belirleniyor. Bu olguya 'kültürel evrim" diyoruz. Tümüyle yeni bir oyun. Düşüncelerimizi haplarla değiştirebilir, havayı, suyu,

besinleri zehirleyebilir, genlerimizi bozabilir bazı hayvan türlerini yeryüzünden hepten silebilir, enerji kaynaklarımızı bize gerçekten gerekmeyen şeyler üreterek harcayabiliriz. Diğer yandan, yaşam süresini uzatabilir, hastalıkları ortadan kaldırabilir, sefaleti azaltabilir, güzelliği, rahatlığı, neşeyi yaratabiliriz.

Zehirle doldurduğumuz havayı müzikle de doldurabiliyoruz!

Hem güzellik ve neşe yaratmak, hem de anıtsal sefaletleri oluşturmak için hemen hemen sonsuz denebilecek bir yeteneğimiz var. Evrimin bütün yaratıkları için yaşamı daha iyi yapmak görüşünde ve isteğinde olup olmadığımızın yanıtı geleceğin örtüsü altında gizli. Ama emin olabileceğimiz bir nokta var: Merakların özgürce tatmin edilmesini engelleyen toplumun, geleceğe bırakacak çok şeyi olmayacaktır. Anlamak için araştırmak, açlık ve seks gibi temel bir dürtümüzdür. Araştırmayı sürdürüp yine araştırmanın kendisi içinde ödülümüzü bulmalıyız.

Bilgi birikimimizi, kocaman yaşayan bir kütüphaneye benzetebiliriz. Çağlar boyu kazanılmış bilgi orada herkesin incelemesine açık. Yeni yeni ciltler raflarda yerlerini bulmaya devam ediyorlar. Kitap adları arasında, dünya üzerine kesinlikle bildiğimiz herşey var. Bunlar gelecekteki bilgiyi kurmak için temeli oluşturuyorlar. Herşeyi anlamamızı sağlayacak, daha çok ciltlerimizin olmasını isteyebilirdik; belki böylece insanın açgözlülüğünü denetlenebilir, daha çok akıl ve sevgi elde edebilirdik. Ama bazı şeyler henüz yazılmamış durumda! Yazılmamış ciltlerin eksikliği, raflardakilerin değerini azaltmamaktadır.

Bazılarına göre bilim yoluyla sağlanan bilgi, bilinmeyen esrarlı konuları kaba ve duygusuzca aydınlatarak, yaşamı "insanlık dışı" hale getiriyor. Bilimin neleri aydınlattığını gördükçe, kendi yapımızdaki akıl almaz güzelliğe ve "marifete" hayran olmamak elde değil. Derimizin altındaki DNA, RNA ve protein arasındaki hızlı alışverişi anlamakla kazançlı mıyız? Yoksa bir şeyler kaybettik mi? Okuyucularımın kazançlı olduklarını hissettiklerini umarım. Moleküllerin işleyişini anlamaktan, hiç hoşlanmayanlar, kendi kişisel "gerçeklerini" beslemek için doğanın gizlerini olduğu gibi bırakmak gereksinimi duyanlar da bilimin, yalnızca bilinmeyenin yüzeyini hafifçe çizmiş olduğunu öğrenerek rahatlayabilirler. Keşfedilmeyi bekleyen bilgi, hala şimdiye kadar açığa çıkanların kat kat üzerinde. Merak, güzellik, ilham, düşleme, büyü, esrar ve gönlünüzün seçtiği tanrılar için şimdi de her zaman ki kadar çok yer var.

Kitapta Kullanılan Terimler

1. BÖLÜM

atomlar: Canlı maddeyi oluşturan en küçük birimler. Atomların yüzün üzerinde değişik çeşidi vardır, ama canlılarda beş temel atom; karbon, hidrojen, oksijen, nitrojen ve fosfordur.

moleküller: Kimyasal yollarla birbirine bağlanmış atom grupları. Atomlardan ortalama on kat daha büyüktürler.

nükleotidler: DNA ve RNA zincirlerinin halkalarını oluşturan moleküller. DNA'da bu moleküller dört çeşittir; adenilik asit, guanilik asit, sitidilik asit, timidilik asit, RNA'da ise timidilik asidin yerini üridilik asit alır, diğerleri DNA'yla aynıdır.

amino asitler: Protein zincirlerinde halkaları oluşturan moleküller. Bunların yirmi çeşidi vardır. Çoğunlukla isimlerinin ilk üç harfiyle gösterilirler.

entropi: Bir sistemde düzensizlik durumuna ilişkin bir kimya terimi.

enerji: Bir sistemin işlevini yerine getirebilme kapasitesi anlamına bir kimyasal terim.

2. BÖLÜM

bilgi: Bir makineye bir şeyi nasıl yapacağını öğreten semboller dizisi.

gen: Hücrenin makinesine belirli bir protein yapmasını anlatan bir bilgi parçası. Gen grupları, kalıtımsal özellikleri belirleyen protein gruplarının yapılışını belirlerler.

genetik bilimi: Kalıtım bilimi.

DNA: Uzun bir nükleotid zinciri. Biolojik bilginin kimyasal biçimi ve genlerin maddesi.

proteinler: Özel düzenleri olan amino asit zincirleri. Canlıların yapısı ve işlevinin çoğu proteinlerden oluşur.

RNA: DNA'ya benzeyen bir nükleotid zinciri.

mesajcı RNA: Bir gen uzunluğundaki DNA'nın RNA'da kopyesi.

ribozom: Bir RNA ve protein birleşimi. Transfer RNA'nın yardımıyla ve amino asitlerin varlığında mesajcı RNA'yı okur, amino asitleri protein oluşturmaları için uygun düzende birbirine ekler.

transfer RNA: Amino asitlerin birbirine eklenmek üzere ribozoma iletilmeden önce bağlandıkları küçük RNA molekülleri.

bakteri: Tek hücreli bir canlı biçimi. Hayvan hücrelerinden çok daha küçük ve basit. Çoğunlukla enerji kaynağı olarak yalnızca basit tuzlar ve bir şekeri kullanarak yaşarlar.

virüs: Yalnızca bir canlı hücre içinde üreyebilen, bir DNA (bazan da RNA) ve protein birleşimi.

3. BÖLÜM

ozon: Birbirine eklenmiş üç oksijen atomu. Bu moleküller, dünyanın atmosferi üzerinde birikip ultraviole ışınlarına karşı koruyucu bir tabaka oluştururlar.

enzim: Özel kimyasal işlevi olan protein molekülü. Katalist gibi davranarak reaksiyonları hızlandırırlar.

zar (membran): Bir hücrenin içindekileri sarıp onu çevreden koruyan bir yağ ve protein birleşimi.

4. BÖLÜM

klorofil: Bitkilerin yeşil renkli molekülleri. Işık enerjisini tutabilirler.

kloroplastlar: Bitki hücreleri içinde tutulan ışık enerjisinin ATP'ye dönüştürüldüğünü bölmeler.

mitokondria: Hücreler içinde şeker moleküllerinin ATP yapmak için yakıldığı bölmeler.

ATP: Adenosin trifosfat. Hücrelerde yararlı kimyasal enerjinin, hücrenin çalışmasını sağlayan biçimi.

AMP: Adenosin monofosfat. Pirofosfatı eksik ATP.

PP: Pirofosfat. Birbirine ekli iki fosfat. PP artı AMP, ATP'dir.

yanma: Bir molekülün, diyelim şeker molekülünün oksijenle birleşmesi sonucu enerjinin serbest kalması.

elektron: Atomun hareket halindeyken elektrik akımı oluşturan negatif yüklü parçacığı.

5. BÖLÜM

evrim: İlkel canlı biçimlerinin gelişerek bugünkü biçimlerine ulaşması süreci.

mutasyon: DNA'nın yapısının kimyasal veya fiziksel bir etkiyle değişmesi. Bir mutajen, mutasyona neden olan etkidir. Mutagenesis, mutasyonun üretilmesidir.

plasmid: Bakterilerde bulunan ve bakteri hücresinin içine girip çıkma yeteneği olan, küçük, yuvarlak bir DNA parçası.

yeniden eklenmiş (recombinant) DNA: Değişik kaynaklı iki DNA zincirinin uçuca eklenmesi. Başka bir organizmanın DNA'sı, bakteri plasmidinden kesilmiş bir DNA parçasına eklenir.

6. BÖLÜM

doğal seçme: Çevrenin belirli bir organizma çeşidini tercih etme veya etmeme süreci.

7. BÖLÜM

embryo: Gelişmesinin erken aşamalarındaki canlı (rüşeym, oğulcuk)

gen ifadesi: Gen dilinin protein diline çevrilmesi sonucu protein yapımı.

represyon (bastırma): Bir genin proteine çevrilebilmesini engelleyen biçimde kapatılması.

represör: Bir genin ifadesini (belirtilmesini) engelleyen bir protein molekülü.

bakteriofaj: Kendi neslini üretmek için bakterileri kullanan bir virüs.

regenerasyon-(yenilenme): Kopan organın yerine gelmesi.

klon: Bir tek hücreden üremiş hücreler topluluğu.

8. BÖLÜM

karsinojenik: Kanser üreten.

kanser virüsü: Normal bir hücreyi kanser hücresine dönüştürebilen virüs.

karsinojen: İnsanlarda ve hayvanlarda, kansere neden olabilen kimyasal.

teratoma: Saç, kemik gibi dokularda değişiklik ortaya çıkarabilen özel bir kanser çeşidi.

hormon: Bedenin bazı özel hücrelerinde üretilen bir kimyasal. Kan dolaşımı yoluyla diğer hücrelere taşınır ve bu hücrelerin özelliklerinde değişiklikler yapar.